UNIVERSITAT JAUME I

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR

Carlos Galarzo García

DIRECTORES

Roberto Palma Guerrero
Emmanuela Moliner Cabedo

Castellón, Julio de 2016

Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles de sección variable

Carlos Galarzo García

ÍNDICE

MEMORIA

1. Introducción

Para la realización del Trabajo de Fin de Grado de mis estudios de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales he decidido hacer este proyecto por la mezcla de dos factores que han despertado en mi un gran interés durante estos años de carrera.

Desde siempre he sentido un gran interés por todas las asignaturas que tienen que ver con las estructuras, un interés que viene desde pequeño al observar estructuras de edificios, estaciones de tren, naves industriales, puentes, etc.

Este interés se ha incrementado el haber realizado las prácticas externas en una empresa constructora que ejecuta muchas obras sobre todo de estructura metálica. Algo que despertó aún más mis ganas de aprender sobre el cálculo estructural.

El otro factor que ha intervenido a esta idea de proyecto es mi gusto por todo lo que tenga que ver con la aeronáutica.

Fusionando estos dos factores nació esta idea de crear la estructura metálica de la nave industrial dedicada a un hangar para guardar y realizar el mantenimiento de aviones comerciales, más concretamente el Boeing 747 o “Jumbo”.

A partir de las restricciones que suponen las medidas del avión Boeing 747-400 se realiza el diseño y el cálculo de la estructura metálica del hangar que se ubicará en el Aeropuerto de Valencia.

Para el trabajo de diseño y cálculo de esta nave industrial se ha tenido siempre en cuenta el Código Técnico de Edificación y los distintos Documentos Básicos que le componen así como el Reglamento de Seguridad en Caso de Incendios en Edificios Industriales para el cálculo de la protección pasiva contra indendios.

El añadido que tiene este proyecto es que para la realización de la estructura metálica de tipo porticada a dos aguas se ha recurrido a la utilización de perfiles armados de sección variable con tal de salvar la gran luz que supone la entrada de un avión de esta envergadura. Además mi supervisor en la empresa me hablo sobre el uso de perfiles de inercia variable y su uso en naves industriales de gran tamaño .

2. Objeto

El objeto de este proyecto es el diseño y cálculo de una estructura metálica dedicada a un hangar para el avión Boeing 747 utilizando en su diseño vigas de sección variable.

La ubicación del hangar es el Aeropuerto de Manises y tendrá unas dimensiones de 80 metros de largo y 80 metros de ancho lo que supone una superficie de 6400 m^2. La altura de cumbrera es de 25 m para poder salvar la altura máxima que alcanza el avión en su aleta trasera.

Para el cálculo de esta estructura metálica se ha recurrido a la herramienta Generador de Pórticos de CYPE Ingenieros para realizar el pórtico intermedio, el dimensionado de correas de cubierta y laterales y la aplicación de las acciones consideradas.

También se ha utilizado la herramienta CYPE 3D de CYPE Ingenieros para el cálculo final de la estructura y de su sistema de protección pasiva contra indendios. Todo siempre atendiendo al Código Técnico de la Edificación (CTE).

3. Descripción del hangar

3.1. Descripción de la parcela

La nave industrial del hangar estará situada en el Aeropuerto de Manises (Valencia), ubicado 8 km al oeste de Valencia entre Manises y Quart de Poblet, cuya superficie total según el catastro son 3.537 km^2. Su orografía está formada por una llanura que desciende suavemente hasta el lecho del río Turia. Tiene una altitud media de 73 m sobre el nivel del mar, y forma un triángulo entre el río Turia al norte, Quart de Poblet al sureste y Ribarroja del Turia al oeste.

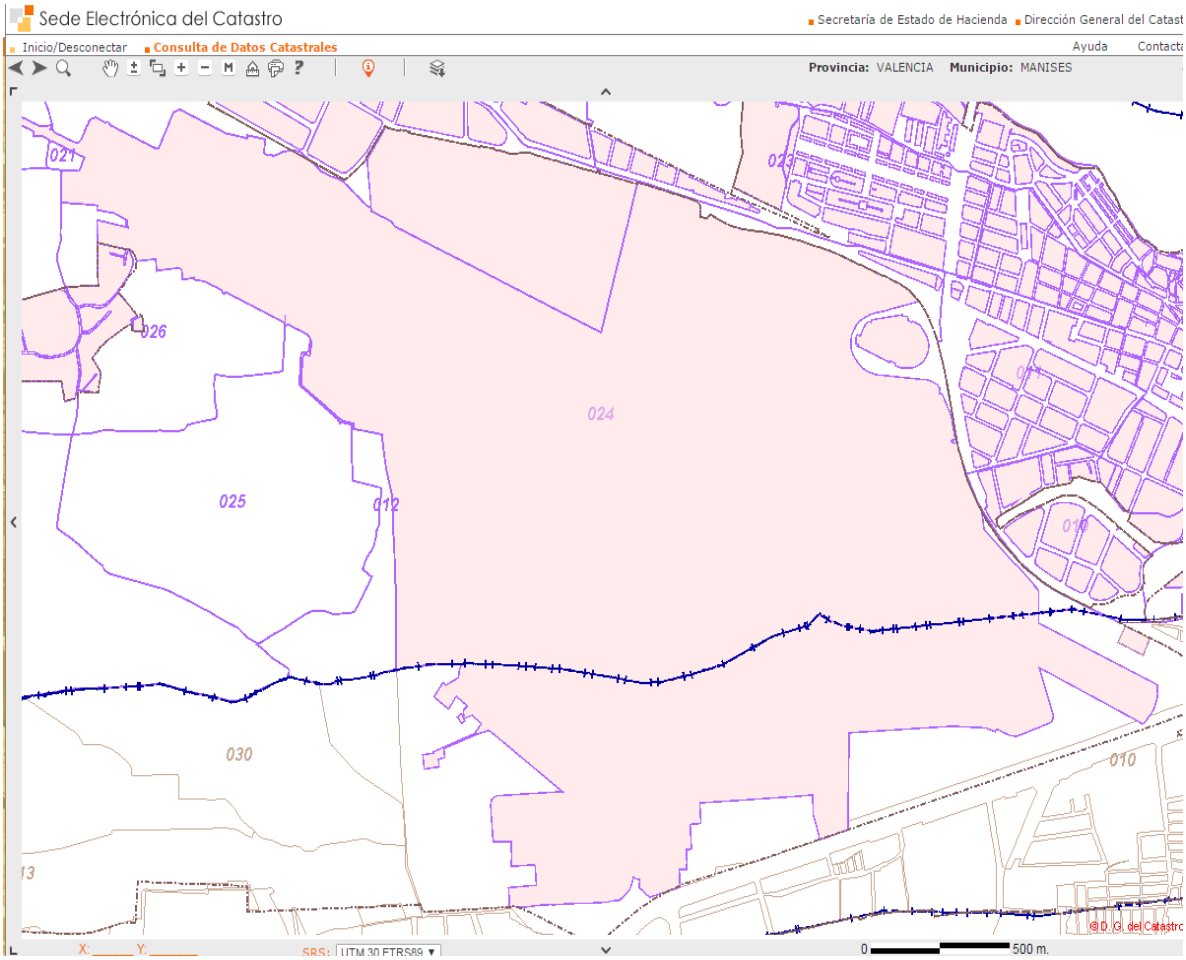


Figura 1: Ubicación catastral del Aeropuerto de Manises (Fuente: http://www.catastro.meh.es).

La parcela del aeropuerto tiene acceso por el norte por la Carretera Aeropuerto de Manises, 5. Por el oeste linda con la Vía camino, por el este y el sur con la Autovía del Este.

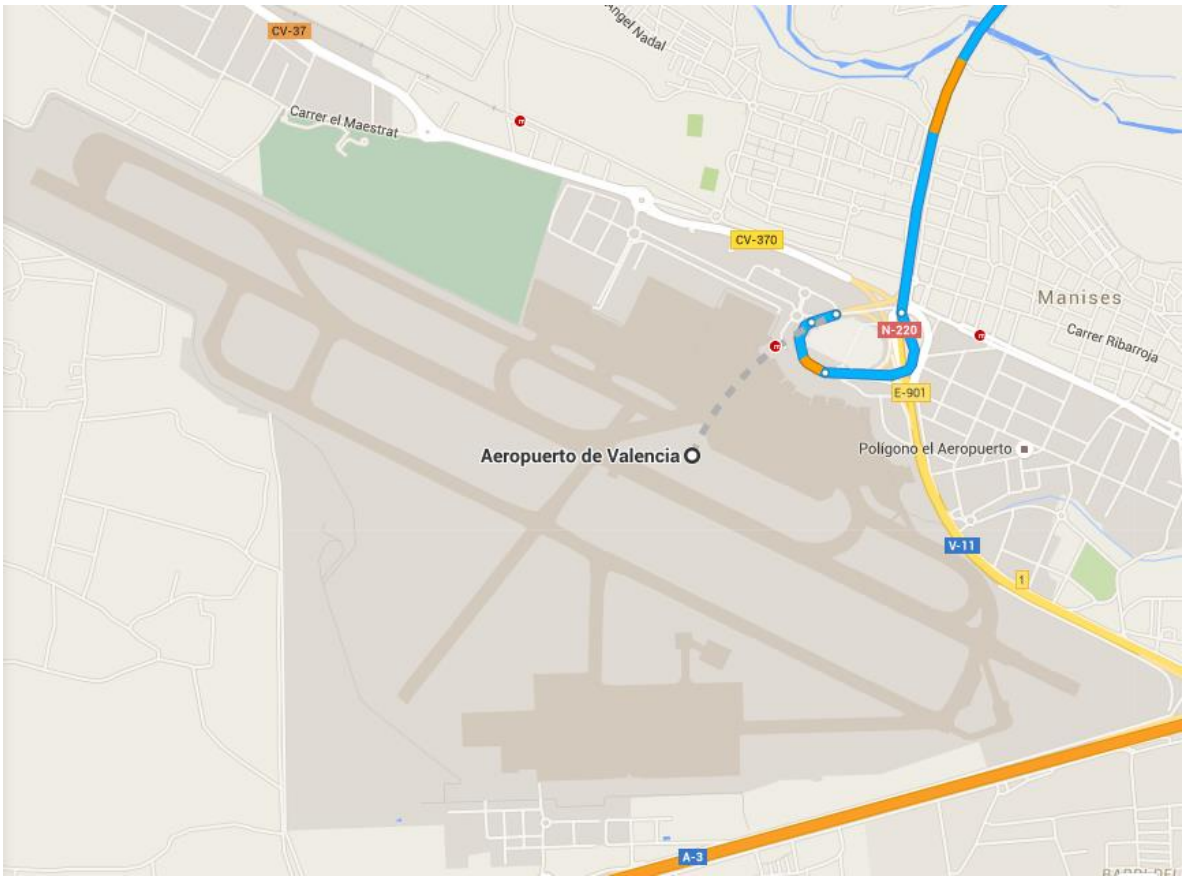


Figura 2: Acceso al Aeropuerto de Manises (Fuente: Google Maps).

La plataforma de estacionamiento de aeronaves está situada al norte de la pista 12-30 que es donde se situará el hangar al sur este del hangar de Air Nostrum. Como se puede comprobar en la *Figura 2* el hangar será una estructura aislada; ya que estará situada en un lugar en el que no tendrá edificaciones colindantes. Ocupará una superficie de 6.400 m^2 para poder almacenar un avión del tamaño de un Boeing 747.

Figura 3: Localización de la superficie ocupada por el hangar (Fuente: Google Maps).

3.2. El avión

El hangar ha sido diseñado con el fin de almacenar y mantener un avión de las dimensiones de un Boeing 747-400 aunque obviamente está capacitado para almacenar aeronaves de menor tamaño además de los demás modelos de Boeing 747.

El Boeing 747-400, también llamado “Jumbo”, es un avión a reacción con un amplio fuselaje y cuatro motores fabricado por Boeing, compañía aeroespacial americana. El 747-400 es un avión con un rendimiento probado y una alta fiabilidad, e incorpora

importantes mejoras aerodinámicas respecto a los anteriores modelos 747. Estas mejoras son la inclusión de puntas alares para reducir la resistencia, nueva aviónica y una innovadora cabina de vuelo.

El 747 se ajusta a la infraestructura de hoy en día; se trata del avión a reacción comercial más rápido del planeta, empleado en más de 210 aeropuertos en todo el mundo. La mejora aerodinámica más evidente del 747-400 respecto al anterior 747 es la largura superior de sus alas (1,8 m más), con puntas alares de una altura de casi 2 m inclinadas hacia arriba y ligeramente hacia afuera. Este cambio reduce la combustión de combustible y aumenta la velocidad del avión.

En el Anexo IV se podrá consultar unos planos detallados del Boeing 747-400.

Figura 4: Boeing 747-400 de la aerolínea British Airways (Fuente: http://www.britishairways.com).

A continuación se detallan algunas de las características principales de la aeronave:

Longitud	**70,66m**
Envergadura	64,4m
Altura	19,4m
Peso vacío	178.750kg
Máxima capacidad de combustible	216.840litros
Capacidad de pasajeros	660 pasajeros
Motores	4 x Rolls Royce RB211-524H
Velocidad Máxima	988km/h

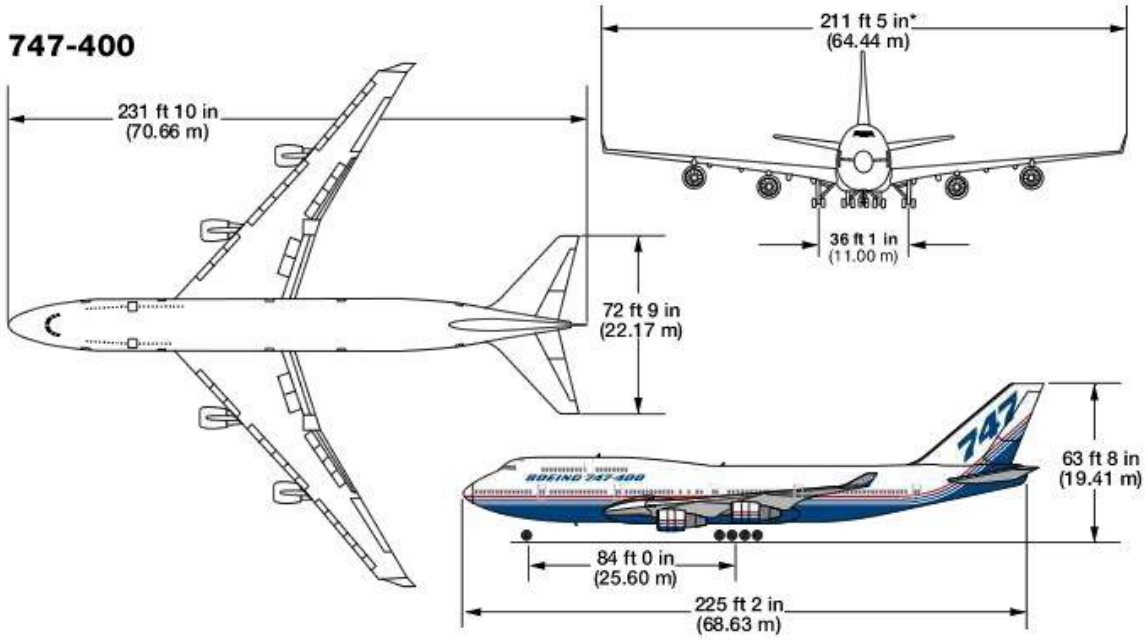


Figura 5: Medidas principales del Boeing 747-400.

3.3. Descripción de la estructura del hangar

La estructura, que tendrá unas dimensiones de 80 m de largo por 80 m de ancho, estará formada por 11 pórticos unidos entre sí por correas que posibilitan la fijación de la cubierta de paneles de chapa metálica aislantes.

La estructura estará unida a la cimentación gracias a las placas de anclaje y los pernos. Esta cimentación dependerá del tipo de unión entre el pilar y las placas de anclaje. En este caso se ha optado por realizar empotramientos en todos los pilares.

Atendiendo a las restricciones que supone el almacenaje y la entrada de un avión con las medidas de un Boeing 747-400 se han seleccionado las medidas restantes del hangar.

La altura a cumbrera es de 25 m mientras que la altura que tendrán los pilares hastiales será de 21 metros. La luz libre de la fachada será de 70 m con el fin de posibilitar la entrada de un avión de gran envergadura. La crujía tendrá un valor de 8 m lo que supondrá que la estructura estará formada por 11 pórticos. Las jácenas tendrán una inclinación de - 5.7° que facilitará el desplazamiento del agua hacia los canalones y de estos al suelo.

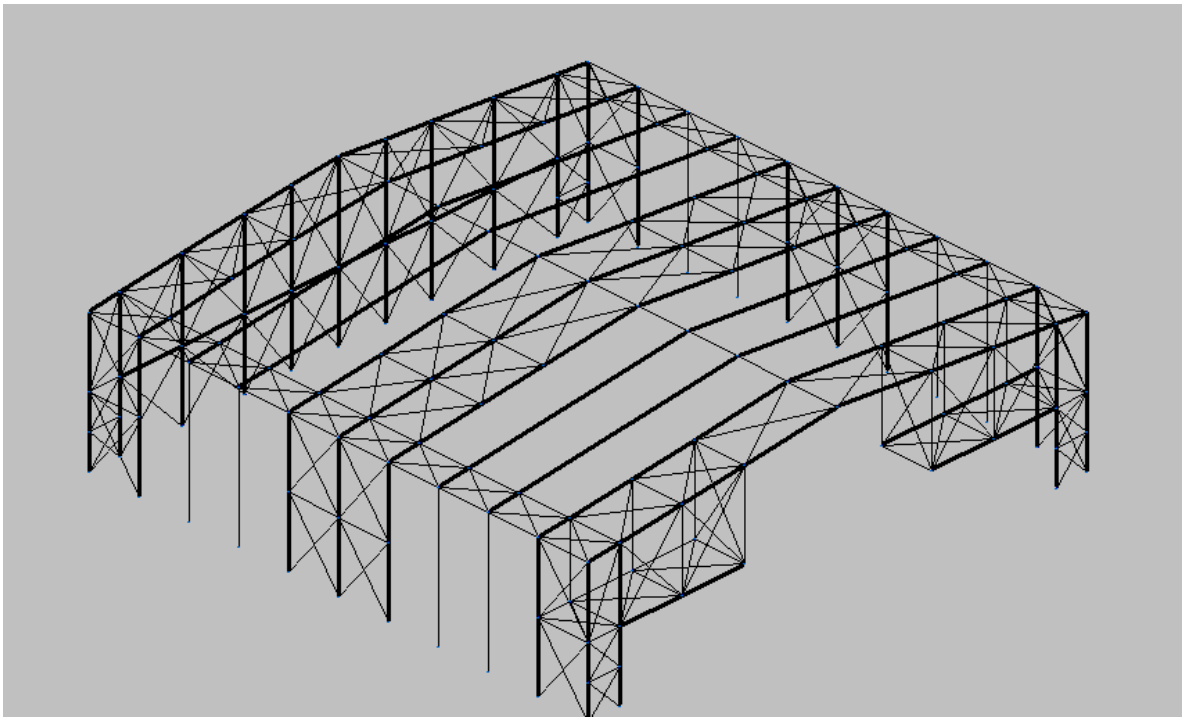


Figura 6: Vista principal de la estructura del hangar en CYPE 3D.

La parte trasera, constituida por el último pórtico, tendrá varios pilarillos aprovechando que es la única zona donde pueden colocarse; ya que la nave en su interior en todo momento debe disponer de la superficie necesaria para almacenar el avión. En esta parte se situará una puerta en el espacio entre los dos primeros pilares interiores por la izquierda de una única hoja de 700x1945mm de luz y altura de paso. La otra puerta, de doble hoja, se ha ubicado en la fachada lateral izquierda de la nave en el espacio entre el segundo y el tercer pórtico con unas dimensiones de 1440x2045mm.

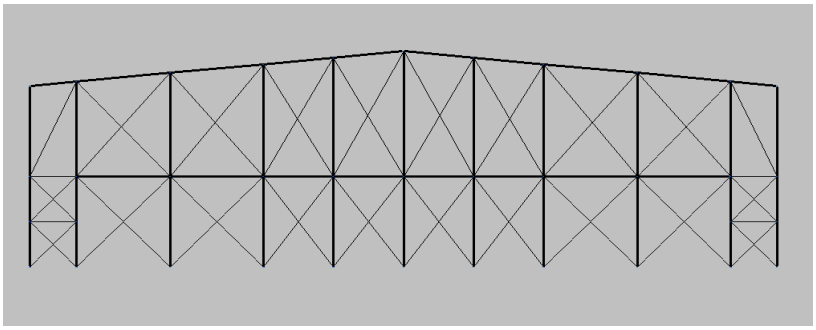


Figura 7: Parte trasera de la estructura del hangar en CYPE 3D.

Además, atendiendo al CTE y al ser una estructura con más de 40 metros de longitud se recurrirá a una junta de dilatación a los 40 metros longitudinales de la nave arriostrando además con Cruces de San Andrés el espacio entre el pórtico central y los primeros pórticos contiguos en ambos sentidos, tanto entre jácenas como entre pilares. En el plano transversal para evitar efectos térmicos se articulará la unión entre jácenas.

La fachada tendrá un diseño con forma de T invertida adaptándose así a la forma del avión y dejándola dividida en dos partes. La parte inferior con una luz libre de 70 metros con el fin de permitir el paso de las alas del avión y la parte superior una anchura libre de 30 metros para permitir el paso del alerón.

La altura que tendrá la parte baja será de 10,5 metros y la superior 14.5 metros con una pequeña inclinación desde cumbrera hacia abajo de 5.7°.

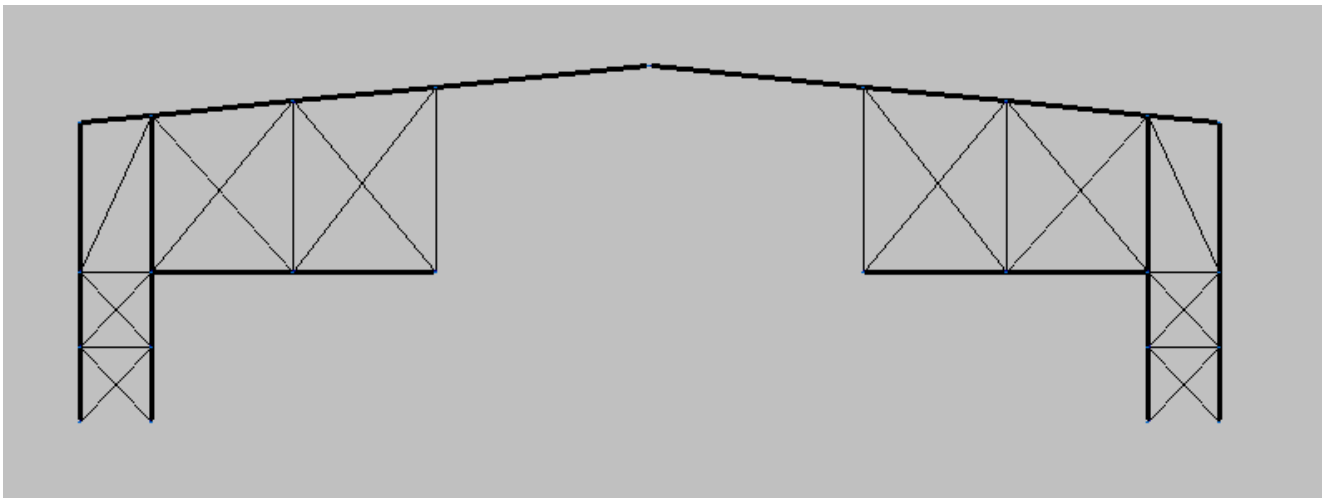


Figura 8: Alzado de la parte delantera de la estructura del hangar en CYPE 3D.

Esta forma de la fachada esta también escogida para la colocación de una puerta de lona de apertura vertical. La puerta es automática y múltiple, formada por tres partes que se plegaran verticalmente gracias a su flexibilidad ocultándose en la parte superior del hangar. La puerta escogida es la Megadoor VL3190 del fabricante Megadoor especializado en hangares.

Este modelo es óptimo para las aberturas de puerta extremadamente grandes que se necesitan en los hangares de aeronaves y se puede diseñar en un sistema de puertas múltiples de tamaño casi ilimitado.

Figura 9: Ejemplo de hangar con puerta Megadoor VL3190 (Fuente: http://www.megadoor.com).

4. Componentes del hangar

4.1. Cerramientos

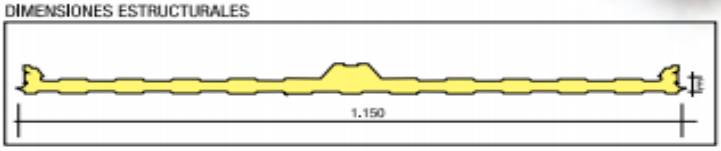
Con el fin de proteger el interior del hangar de los distintos agentes externos como serían: el frío, el calor, agua, viento o ruido se ha procedido a instalar cerramientos en la cubierta, en la fachada, en la parte posterior de la nave y en los laterales.

El tipo de cerramiento escogido tanto para las fachadas como para la cubierta es el panel aislante tipo sándwich, que está formado por dos caras de chapa metálica perfilada y entre las dos chapas poliuretano expandido, para conseguir un alto poder aislante y total estanqueidad.

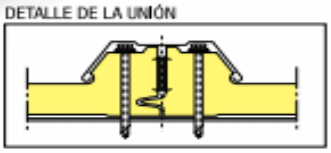
Figura 10: Panel aislante tipo sándwich para cubierta.

Este panel se ha seleccionado para la cubierta del catálogo de Paneles Aislantes TZ y se ha comprobado, gracias a la *Tabla 1*, cuál es la separación máxima entre correas que se puede poner, según el espesor del panel y el número de apoyos.

DIMENSIONES ESTRUCTURALES



DETALLE DE LA UNIÓN



DATOS TÉCNICOS DEL PERFIL

ESPESOR	PESO		TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)	
(mm.)	Kg/m.L	Kg/m²	Kcal/hm² °K	W/m² °K
30	11,4	9,9	0,61	0,71
40	11,9	10,2	0,46	0,53
50	12,4	10,8	0,36	0,42
60	12,8	11,1	0,30	0,35
80	13,8	12	0,23	0,26
100	14,8	12,9	0,20	0,22
120	15,8	13,6	0,18	0,19

TABLA DE UTILIZACIÓN. Separación entre apoyos(ml)

PANEL	APOYOS	50 daN/m²	75 daN/m²	100 daN/m²	125 daN/m²	150 daN/m²	175 daN/m²	200 daN/m²
TZ-C 30		3,85	3,00	2,60	2,30	2,10	1,90	1,80
		4,35	3,50	3,00	2,70	2,40	2,20	2,00
TZ-C 40		4,25	3,30	2,90	2,60	2,40	2,20	2,10
		4,80	3,80	3,30	3,00	2,70	2,50	2,30
TZ-C 50		4,60	3,60	3,20	2,90	2,70	2,50	2,40
		5,15	4,10	3,60	3,30	3,00	2,80	2,60
TZ-C 60		4,80	3,90	3,50	3,20	3,00	2,80	2,70
		5,45	4,40	3,90	3,60	3,30	3,10	2,90
TZ-C 80		5,30	4,60	4,20	3,90	3,65	3,50	3,35
		6,00	5,25	4,80	4,45	4,15	3,95	3,80
TZ-C 100		5,60	5,00	4,45	4,05	3,75	3,50	3,35
		6,25	5,62	5,15	4,65	4,33	4,05	3,80
TZ-C 120		6,00	5,40	4,70	4,20	3,85	3,55	3,40
		6,50	6,00	5,50	4,90	4,50	4,15	3,85

Condiciones de cálculo:
Cargas descendentes uniformemente distribuidas
Flecha ≤ L/200
Equivalencia : 1 kgf = 0,98 daN

TECZONE

Polígono Industrial GAMONAL - Calle 4
Telf.: +34 947 48 37 00 - Fax: +34 947 48 38 03
09007 BURGOS - ESPAÑA
Web: **www.teczone.es**
E-mail: **teczone@teczone.es**

Tabla 1: Características de panel aislante tipo sandwich de Teczone (Fuente: www.teczone.es).

También en la tabla de datos técnicos del perfil observamos el peso del panel escogido: TZ-C 30 con espesor de 30mm y, por lo tanto, un peso de 9.9 kg/m^2 y una transmitancia térmica de 0.71 W/m$^{2°}$K.

4.2. Correas

Las correas son los elementos sobre los que se apoyan los paneles de cerramiento de la nave industrial. Por lo tanto, en su dimensionado hay que tener en cuenta el peso del cerramiento además del viento y la nieve.

La separación entre ellas es un elemento que hay que elegir según el espesor del cerramiento escogido, de si está el panel apoyado en dos correas o en tres y de los esfuerzos máximos que deben soportar. Esta información se recoge del catálogo del fabricante antes mencionado y se selecciona una distancia entre correas inferior a la que pone. El material de las correas puede ser acero conformado en frio en forma de perfiles en C o en Z o también laminados en caliente como el IPE.

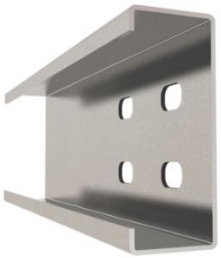


Figura 11: Correa de acero conformado tipo C.

4.3. Vigas continuas

Se tratan de perfiles laminados en caliente de acero y que tienen muchos tipos de secciones según la aplicación. Como pueden ser los perfiles en doble T formados por las series: IPE, IPN, HE…

Figura 12: Vigas de perfiles laminados.

También los perfiles en C simple formados por las series: UPE, UPN y U. Los perfiles angulares en L usados muchas veces para tirantes junto a los perfiles redondos macizos.

Figura 13: Perfil laminado tipo L.

4.4. Vigas de sección variable

Debido a la gran luz que requieren algunas estructuras metálicas se requiere el uso de vigas tanto para pilares como para jácenas tipo cercha o de vigas de inercia variable. Los pórticos construidos con vigas de sección variable tienen las ventajas de poder salvar estas luces que con el perfil laminado simple sería imposible, además de dotar de una separación máxima entre pórticos mucho más grande. Sus formas se asemejan a los diagramas de momento flector con lo que se puede ajustar el canto según en qué zona de la viga haya más o menos momento flector.

En cuanto a las ventajas principales de la utilización de vigas de sección variable se encuentran:

- Posibilidad de salvar grandes luces
- Gran reducción de peso
- Alta separación entre pórticos

Por el contrario las desventajas principales son:

- Alto coste de fabricación
- Mayores deformaciones

Figura 14: Pórticos de sección variable.

4.5. Arriostramientos

Los arriostramientos son llamados elementos secundarios de una estructura aunque son necesarios para restringir la traslacionalidad en distintos planos de la estructura.

Son los encargados de recoger los esfuerzos producidos por el viento y de transmitirlo a los pilares, que lo transmiten al suelo. Además, tienen la función de reducir longitudes de pandeo de elementos de gran longitud.

Estos arriostramientos comúnmente están dispuestos en cruces de San Andrés aunque también se puede observar alguna media cruz. Normalmente, se colocan en los extremos de la estructura y están formados por los cordones y las diagonales.

Suelen estar construidos por perfiles laminados en forma de L o redondos macizos.

4.6. Placas de anclaje

La unión de la base de los pilares a la cimentación se realiza mediante las placas de anclaje.

Como el hormigón de las cimentaciones es menos resistente que el acero de los pilares se debe aumentar el área mediante las placas de anclaje para conseguir transmitir los esfuerzos de forma que la cimentación pueda soportarlo.

Están formadas por unos pernos, rigidizadores (si son necesarios) y placa de base.

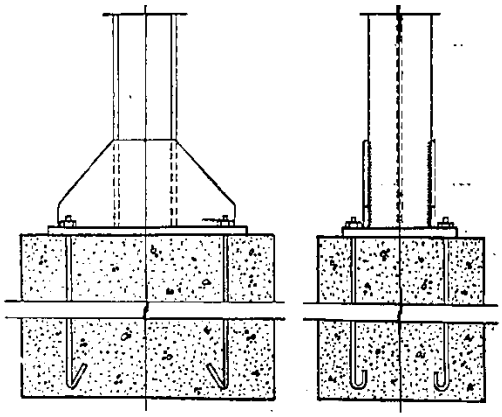


Figura 15: Placa de anclaje con pernos y rigidizadores.

4.7. Uniones

Las uniones permiten el enlace de diferentes barras y son capaces de transmitir adecuadamente los esfuerzos internos de unas barras a otras.

Son de dimensionado pequeñas con respecto al conjunto de la estructura, pero muy importantes. Las podemos clasificar en **Uniones rígidas** y **Uniones articuladas**.

4.7.1. Uniones rígidas

Las uniones rígidas o soldadas son la unión directa entre los metales de los elementos que forman la unión en el que se produce un intercambio de cristales y son poco deformables y rápidas de ejecutar.

Las uniones rígidas no permiten ningún desplazamiento ni giro entre los elementos que la forman. Durante el proceso hay que proteger al material fundido contra los gases nocivos de la atmósfera, principalmente oxígeno y nitrógeno.

Según la norma EA-95 las uniones en estructuras metálicas están autorizadas mediante los siguientes procedimientos: soldeo eléctrico manual por arco descubierto con fusible revestido, soldeo eléctrico semiautomático o automático por arco en atmósfera gaseosa con alambre electrodo fusible, soldeo eléctrico automático por arco sumergido con alambre electrodo fusible desnudo y soldeo eléctrico por resistencia.

Además estas uniones deben someterse a controles de diferentes tipos como son:

- Semidestructivos: perforando la soldadura en un punto donde se presuma un defecto para comprobar su estado. Posteriormente reparando el cordón con aporte de material.
- No destructivos: Inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonidos y radiografías.
-

  Los controles destructivos no son usados en edificación.

Figura 16: Unión soldada.

4.7.2. Uniones articuladas

Las uniones articuladas o atornilladas no permiten el desplazamiento entre los elementos que la componen pero sí el giro entre ellos. En cuanto a sus ventajas respecto a las rígidas, podemos decir que al no tener que practicar soldadura se pueden hacer en cualquier condición atmosférica, tienen menos costes de control de calidad, tiempo de ejecución más corto y mejor comportamiento frente a fatiga y frente a rotura frágil.

Como inconvenientes se debe decir que el montaje es más exigente por las tolerancias pequeñas de las piezas y son menos estéticas.

Figura 17: Unión atornillada

4.7.3. Uniones entre cerramientos

En los cerramientos se ha optado por un tipo de unión deslizante o corredera con una ranura que en caso de afectar las acciones térmicas a los cerramientos permite que la unión se expanda sin que el material sufra deformaciones permanentes.

4.8. Cimentaciones

Las cimentaciones son las bases que sirven de sustentación a la estructura y transmiten al terreno las cargas de los pilares. Son calculadas teniendo en cuenta varios factores como son el terreno, las cargas propias de la estructura, el viento y la nieve.

La estructura se sostiene y logra estabilidad a través de sus cimientos encargados de transmitir y distribuir las cargas de la estructura al terreno sin sobrepasar la presión admisible.

La ejecución de la cimentación es el paso siguiente a la realización del movimiento de tierras en la obra de una estructura metálica después de realizar el replanteo.

Hay dos tipologías de cimentaciones: cimentaciones superficiales y cimentaciones profundas.

Figura 18: Cimentaciones

4.8.1. Zapatas

Las cimentaciones por zapatas son un tipo de cimentaciones superficiales.

Consisten en un ancho prisma de hormigón situado bajo los pilares de la estructura. Su función es transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla.

Existen varios tipos de zapatas en función de si servirán de apoyo a uno o varios pilares o bien sean a muros:

- Zapatas aisladas
- Zapatas combinadas
- Zapatas corridas
-

4.8.2. Vigas riostras

Las vigas riostras, de atado o de arriostramiento son piezas o elementos estructurales generalmente de hormigón armado o de cualquier elemento que pueda resistir tracciones, que unen dos o más cimientos o zapatas.

La finalidad de las vigas riostras es absorber las posibles acciones horizontales que pueden recibir los cimientos bien de la estructura bien del propio terreno, evitando de esta forma el desplazamiento horizontal relativo de uno respecto a otro.

5. Normativa aplicada

Las siguientes normas han sido tenidas en cuenta en el desarrollo de la estructura metálica del hangar de este proyecto:

Código Técnico de la Edificación o CTE

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de

Ordenación de Ordenación de la Edificación (LOE). El CTE está compuesto por distintos documentos básicos (DB).

Documento Básico de Seguridad Estructural (DB SE)

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico “Seguridad estructural”.

El objetivo del requisito básico “Seguridad estructural” consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisible y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

El Documento Básico de Seguridad Estructural constituye la base para los Documentos Básicos siguientes y se utilizará conjuntamente con ellos: DB-SE-AE, DB-SE-C,DB-SE-A… entre otros.

Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación

El Documento Básico de Acciones en la edificación es el encargado de la determinación de las acciones sobre los edificios para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.

Están fuera del alcance de este Documento Básico las acciones y las fuerzas que actúan sobre elementos tales como aparatos elevadores o puentes grúa, o construcciones como los silos o los tanques.

Documento Básico SE-A Aceros

Este DB se destina a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. No se contemplan, por tanto, aspectos propios de otros campos de la construcción (puentes, silos, chimeneas, antenas, tanques, etc.).Tampoco se tratan aspectos relativos a elementos que, por su carácter específico, requieren consideraciones especiales.

El DB SE-A se refiere únicamente a la seguridad en condiciones adecuadas de utilización, incluídos los aspectos relativos a la durabilidad, de acuerdo con el DB-SE. La satisfacción de otros requisitos (aislamiento térmico, acústico, resistencia al fuego) quedan fuera de su alcance. Los aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento se tratan, exclusivamente, en la medida necesaria para indicar las exigencias que se deben cumplir en concordancia con las hipótesis establecidas en el proyecto de edificación.

Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales

Este reglamento tiene por objeto establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

Las actividades de prevención del incendio tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego y las circunstancias que pueden desencadenar el incendio. Las actividades de respuesta al incendio tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio, para extinguirlo, y minimizar los daños o pérdidas que pueda generar.

Este reglamento se aplicará, con carácter complementario, a las medidas de protección contra incendios establecidas en las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales, sectoriales o específicas, en los aspectos no previstos en ellas, las cuales pleta aplicación en su campo.

6. Herramientas de cálculo

En este punto se van a describir los programas de diseño, cálculo y de presupuestos que se han utilizado para el cálculo del hangar.

6.1. Generador de Pórticos

El Generador de Pórticos es un módulo incluido en CYPE Ingenieros que permite crear la geometría de los pórticos y las cargas de peso propio, sobrecarga de uso, viento y nieve que hay sobre ellos.

Además, gracias a este programa se logra dimensionar las correas de cubierta y laterales de la estructura.

El programa permite generar pórticos de naves a dos aguas o a un agua. A partir de esto se pueden crear varios tipos de cubiertas: pórtico rígido, celosías, etc.

Al crear el pórtico, añadir las cargas y dimensionar correas, permite exportar el número de pórticos deseados a CYPE 3D para completar la nave. En esta exportación se incluyen además de la geometría las cargas calculadas en el Generador de Pórticos.

6.2. CYPE 3D

Este programa constituye la parte más densa del cálculo. Este módulo es capaz de realizar el cálculo de estructuras en tres dimensiones de barras de hormigón, de acero, mixtas de hormigón y acero, de aluminio, de madera, o de cualquier material, incluido el dimensionado de uniones y el de su cimentación con placas de anclaje y zapatas.

A partir de los pórticos exportados por el Generador de Pórticos se procede a añadir las barras que acaban de completar la estructura. Posteriormente se agrupan las barras y se describen las vinculaciones que tienen los distintos nudos tanto exterior como interiormente, se asignan los límites de flecha y se le asignan las betas de pandeo que le corresponde a cada barra.

Después se describen los perfiles de cada grupo de barras y se realiza el cálculo. Además, se dimensionan las uniones y más tarde las cimentaciones.

Cuando se han finalizado todos los cálculos y se cumplen todas las comprobaciones CYPE 3D permite la obtención de los resultados y los planos de la estructura.

6.3. SAP 2000

SAP2000 es un programa de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). Se trata de un programa de elementos finitos con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

El SAP 2000 en este proyecto únicamente se utiliza para ver los momentos flectores en un pórtico intermedio del hangar y hacer un predimensionado de los cantos mínimos que deben tener las vigas de sección variable.

6.4. Presto

Presto es el primer programa de presupuestos y mediciones BIM (modelado de información para edificación) que integra la gestión y el control de costes para edificación y obra civil que comprende las diferentes necesidades de todos los agentes que intervienen en todas las fases:

- Profesionales que redactan proyectos
- BIM managers
- Directores de ejecución de obras y project managers
- Empresas constructoras y promotoras

7. Acciones en la estructura

7.1. Acciones térmicas

Las acciones térmicas corresponden a las que producen deformaciones por variaciones de temperatura ambiente exterior en una estructura.

Según el CTE en los elementos de longitud superior a 40 m es necesario considerarlas. Por lo tanto la distancia entre juntas de dilatación en una estructura no debe sobrepasar esos 40 m. A consecuencia de esto se ha dotado a la estructura del hangar de una junta de dilatación justo a los 40 m de su longitud en el plano transversal.

En el espacio de los dos pórticos posterior y anterior a esa junta se les ha colocado arriostramientos tanto laterales como en la cubierta.

En plano del pórtico la medida que se ha tomado para evitar efectos térmicos es articular la unión entre las dos jácenas del pórtico.

También se ha optado por unir los cerramientos formados por paneles aislantes tipo sándwich con uniones deslizantes.

7.2. Peso de los cerramientos

Son consideradas acciones permanentes las propias de la construcción: el peso propio de la edificación, los cerramientos, carpinterías y acciones del terreno sobre el cual está construido.

En este punto habrá que tener en cuenta el peso del cerramiento que hemos considerado: panel aislante tipo sándwich de 30 mm^2 de espesor con un peso de 9.9 kg/m^2. Este valor se tendrá en cuenta en el dimensionado de las correas posteriormente.

7.3. Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre la estructura por razón de uso.

Los efectos de la sobrecarga de uso en una estructura se simulan aplicando una carga uniformemente distribuida. De acuerdo con el uso que sea fundamental se adoptan los valores de la *Tabla 2*. del DB SE-AE Acciones de la edificación. Estos valores incluyen los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m^2]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1(7)	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1(4) (6)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5)	0,4(4)	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Tabla 2: Valores característicos de las sobrecargas de uso.

Para el caso del hangar se ha considerado el caso de cubiertas accesibles únicamente para conservación (G) y dentro de ellas a cubierta ligera sobre correas (G1) que implica una carga uniformemente distribuida con un valor de 0.4 kN/m^2. Este valor será también introducido en el Generador del Pórticos de Cype en la sobrecarga del cerramiento. Además en categoría de uso se seleccionará la G1.

7.4. Viento

Las cargas de viento varían según la localidad geográfica, las alturas sobre el nivel del terreno, los tipos de terreno y más factores.

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de la superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

q_b: La presión dinámica del viento. Valor que se puede obtener según el emplazamiento geográfico de la obra. Este dato se seleccionará eligiendo la zona correspondiente a Manises del mapa eólico del Generador de Pórticos.

c_e: Coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la contrucción. Se determina usando la *Tabla 3*.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 3: Valores del coeficiente de exposición c_e

c_p: El coeficiente de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie. Se obtiene de la *Tabla 4*.

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 4: Valores del coeficiente eólico en edificios de pisos.

7.5. Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, qn, puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

μ: coeficiente de forma de la cubierta

s_k: valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según la siguiente *Tabla 5* incluida en el DB SE-AE:

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m²	Capital	Altitud m	s_k kN/m²	Capital	Altitud m	s_k kN/m²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / *Alacant*	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-tián/*Donostia*	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / *Lleida*	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / *Bilbo*	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / *Ourense*	130	0,4	Valencia/*València*	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / *A Coruña*	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / *Gasteiz*	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / *Girona*	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/*Iruña*	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Tabla 5: Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas.

8. Proceso de dimensionado

8.1. Pórtico intermedio

En primer lugar se debe crear un pórtico intermedio del hangar mediante el Generador de Pórticos de CYPE. Se crea un pórtico con las dimensiones requeridas, introduciendo además los datos de la obra referentes al peso de los cerramientos, la sobrecarga de uso, la sobrecarga de viento y de nieve. Estos datos influirán tanto para el cálculo de las correas laterales y de cubierta como para el paso siguiente: exportar los pórticos a Cype 3D.

Todo esto atendiendo a las normas EHE-08 de hormigón y CTE DB SE-A para acero conformado y acero laminado.

En primer lugar se ha definido el pórtico rígido a dos agua eligiendo la luz total de 80 metros, la altura de los pilares hastiales de 21 metros y la altura a cumbrera de 25 metros.

Dado que la longitud de la nave es de 80 metros y se ha optado por una distancia entre pórticos de 8 metros se han seleccionado 10 vanos.

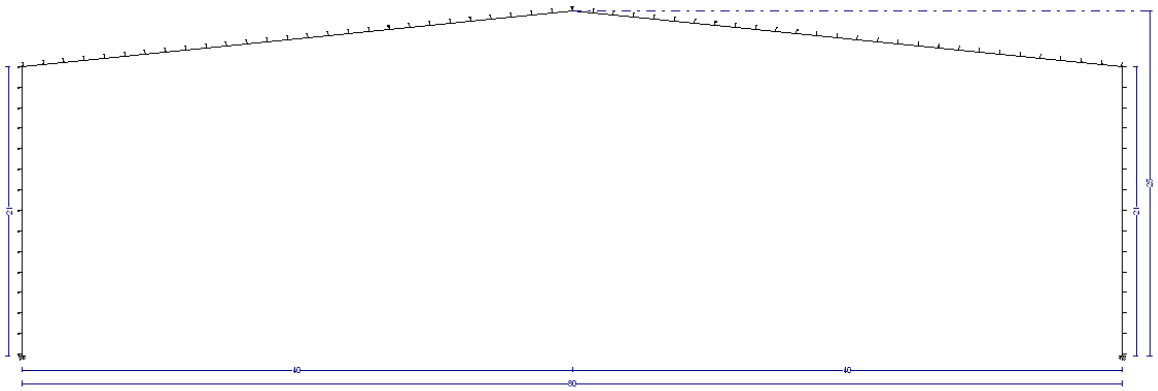


Figura 19: Pórtico intermedio en Generador de Pórticos de CYPE Ingenieros.

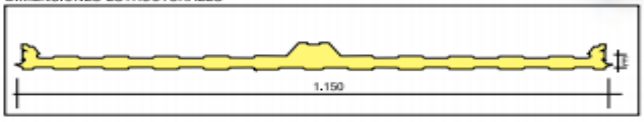
8.1.1. Cerramientos

Como se ha descrito anteriormente el cerramiento escogido para la cubierta del hangar es un panel aislante tipo sándwich formado por dos caras de chapa metálica perfilada y entre las dos chapas poliuretano expandido.

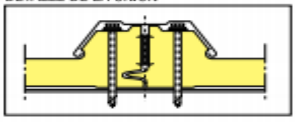
Para el cálculo en el Generador de Pórticos es necesario el peso del cerramiento que se obtiene a partir de las características del panel escogido en un fabricante (Teczone en este caso).

En este caso el seleccionado es el panel de espesor de 30 milímetros (TZ-C 30) con un peso de 9,9kg/m^2 , lo que corresponde a unos 10kN/m^2.

DIMENSIONES ESTRUCTURALES



DETALLE DE LA UNIÓN



DATOS TÉCNICOS DEL PERFIL

ESPESOR	PESO		TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)	
(mm.)	Kg/m.L	Kg/m^2	Kcal/hm^2 °K	W/m^2 °K
30	11,4	9,9	0,61	0,71
40	11,9	10,2	0,46	0,53
50	12,4	10,8	0,36	0,42
60	12,8	11,1	0,30	0,35
80	13,8	12	0,23	0,26
100	14,8	12,9	0,20	0,22
120	15,8	13,6	0,18	0,19

TABLA DE UTILIZACIÓN. Separación entre apoyos(ml)

PANEL	APOYOS	50 daN/m^2	75 daN/m^2	100 daN/m^2	125 daN/m^2	150 daN/m^2	175 daN/m^2	200 daN/m^2
TZ-C 30		3,85	3,00	2,60	2,30	2,10	1,90	1,80
		4,35	3,50	3,00	2,70	2,40	2,20	2,00
TZ-C 40		4,25	3,30	2,90	2,60	2,40	2,20	2,10
		4,80	3,80	3,30	3,00	2,70	2,50	2,30
TZ-C 50		4,60	3,60	3,20	2,90	2,70	2,50	2,40
		5,15	4,10	3,60	3,30	3,00	2,80	2,60
TZ-C 60		4,80	3,90	3,50	3,20	3,00	2,80	2,70
		5,45	4,40	3,90	3,60	3,30	3,10	2,90
TZ-C 80		5,30	4,60	4,20	3,90	3,65	3,50	3,35
		6,00	5,25	4,80	4,45	4,15	3,95	3,80
TZ-C 100		5,60	5,00	4,45	4,05	3,75	3,50	3,35
		6,25	5,62	5,15	4,65	4,33	4,05	3,80
TZ-C 120		6,00	5,40	4,70	4,20	3,85	3,55	3,40
		6,50	6,00	5,50	4,90	4,50	4,15	3,85

Condiciones de cálculo:
Cargas descendentes uniformemente distribuidas
Flecha ≤ L/200
Equivalencia : 1 kgf = 0,98 daN

TECZONE

Polígono Industrial GAMONAL - Calle 4
Telf.: +34 947 48 37 00 - Fax: +34 947 48 38 03
09007 BURGOS - ESPAÑA
Web: **www.teczone.es**
E-mail: **teczone@teczone.es**

Tabla 1: Características de panel aislante tipo sandwich de Teczone (Fuente: www.teczone.es).

Después de introducir el peso del cerramiento es necesario indicar también la sobrecarga del cerramiento.

Atendiendo al Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación del CTE (DBSE-AE) se observa en el apartado 3.1.1 Valores de Sobrecarga en la *Tabla 6*. que para el caso del hangar la carga uniforme será de 0.4 kN/m^2 al tratarse de una Cubierta únicamente accesible para conservación y más concretamente cubierta ligera con correas (Categoría de uso G1).

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m^2]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1(7)	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1(4)(6)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5)	0,4(4)	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Tabla 6: Tabla de valores de sobrecargas de uso del DBSE-AE.

Para los cerramientos laterales se selecciona un cerramiento también de panel aislante de acero tipo sándwich de 35 mm de espesor con acabado galvanizado.

Figura 20: Panel tipo sándwich para los laterales del hangar.

8.1.2. Sobrecarga de viento

Siguiendo la norma CTE-DB SE-AE se ha seleccionado la zona A del mapa eólico de España que le corresponde a Valencia con una velocidad básica de 26 m/s en y en cuanto al grado de aspereza el escogido ha sido el nivel IV.

Figura 21: Mapa eólico de España.

8.1.3. Sobrecarga de nieve

Atendiendo a la norma CTE-DB SE-AE y observando el mapa de la *Figura 22* de zonas de clima invernal se ha seleccionado la zona 5 que corresponde a Valencia.

Figura 22: Mapa de zonas de clima invernal de España.

8.1.4. Dimensionado de correas

Para el dimensionado de las correas de cubierta se ha de tener en cuenta la tabla anterior del fabricante en la que se indica la separación máxima entre correas en el peor de los casos para el espesor de 30mm y considerando que estarán colocadas sobre 3 apoyos. Esta separación máxima según la tabla es de 2 m. En este caso, se ha seleccionado una separación de 1,5 m entre correas.

Al ser panel sándwich es conveniente que se trate de una fijación rígida.

Atendiendo a las restricciones anteriores, se han seleccionado los siguientes parámetros para el dimensionado de las correas de cubierta:

Límite de flecha	L/300
Número de vanos	1 vano
Tipo de fijación	Fijación rígida
Separación	1,5 metros
Tipo de Acero	S235

Con estos valores al dimensionar se da un resultado de unas correas CF-300x4.0 En cuanto a las correas laterales los parámetros introducidos son los mismos que para las de cubierta. Al dimensionar las correas laterales se obtienen unas correas CF-275x4.0.

8.2 Estructura metálica completa

8.2.1. Geometría de la estructura

Después de definir el pórtico intermedio con sus respectivas cargas sobre la estructura y las correas dimensionadas se exportan los 10 vanos a CYPE 3D para completar la estructura metálica completa.

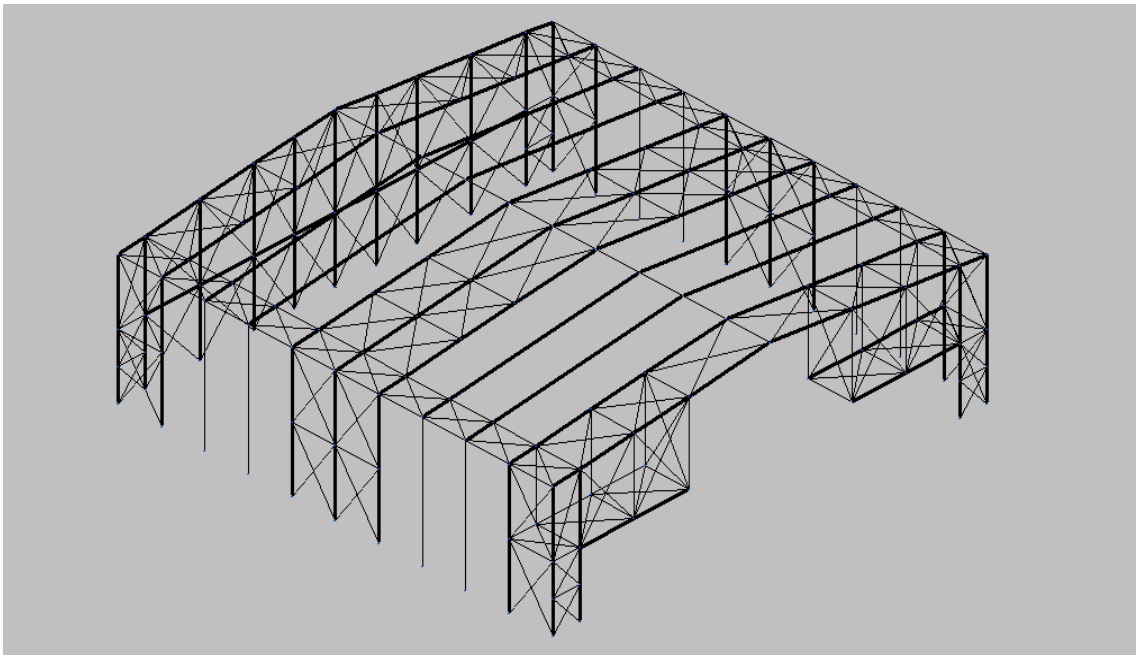


Figura 23. Vista estructura metálica completa en CYPE 3D.

A continuación se nombran las diferentes partes principales que componen la estructura metálica del hangar así como su nomenclatura en el pie de cada figura

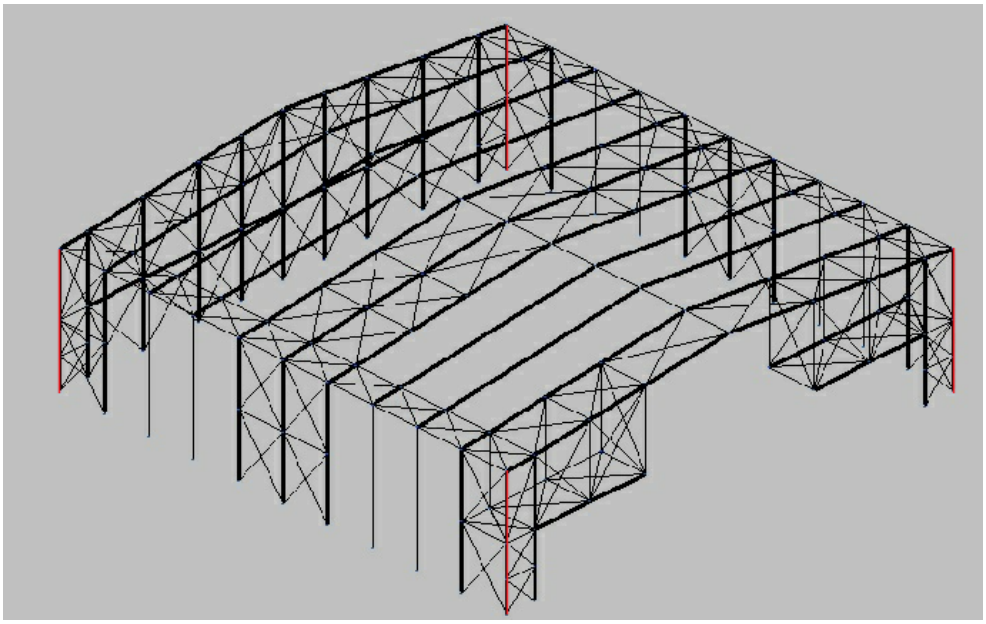


Figura 24: Pilares hastiales

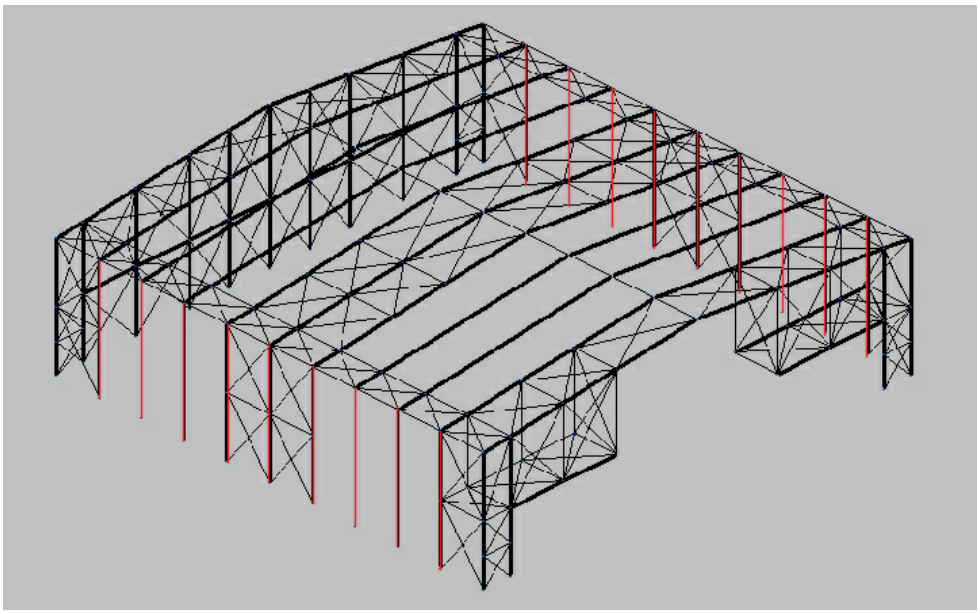


Figura 25: Pilares intermedios.

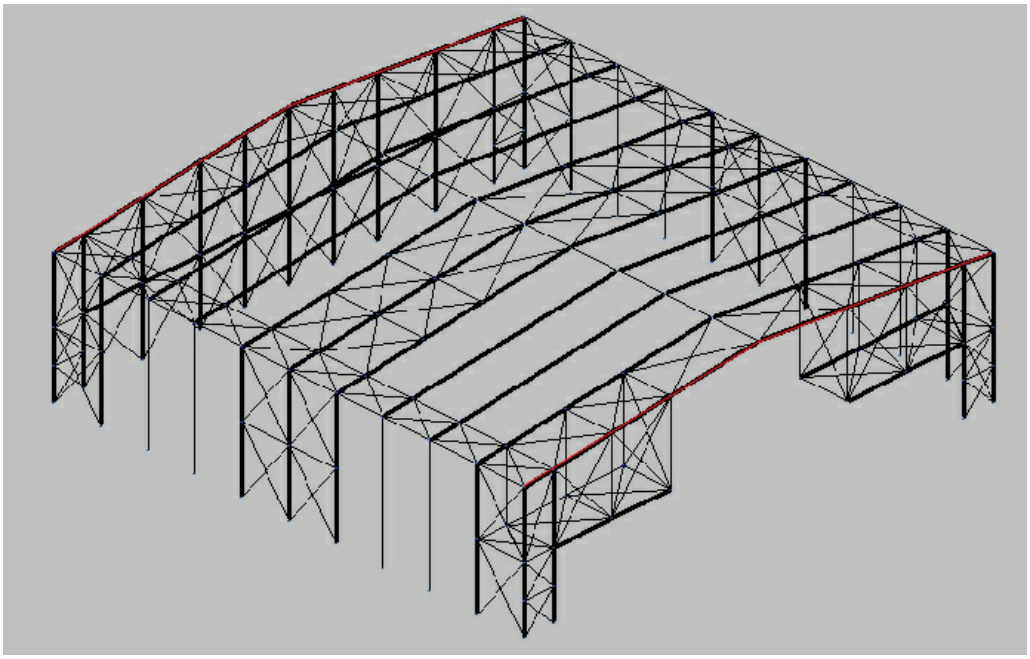


Figura 26: Jácenas hastiales.

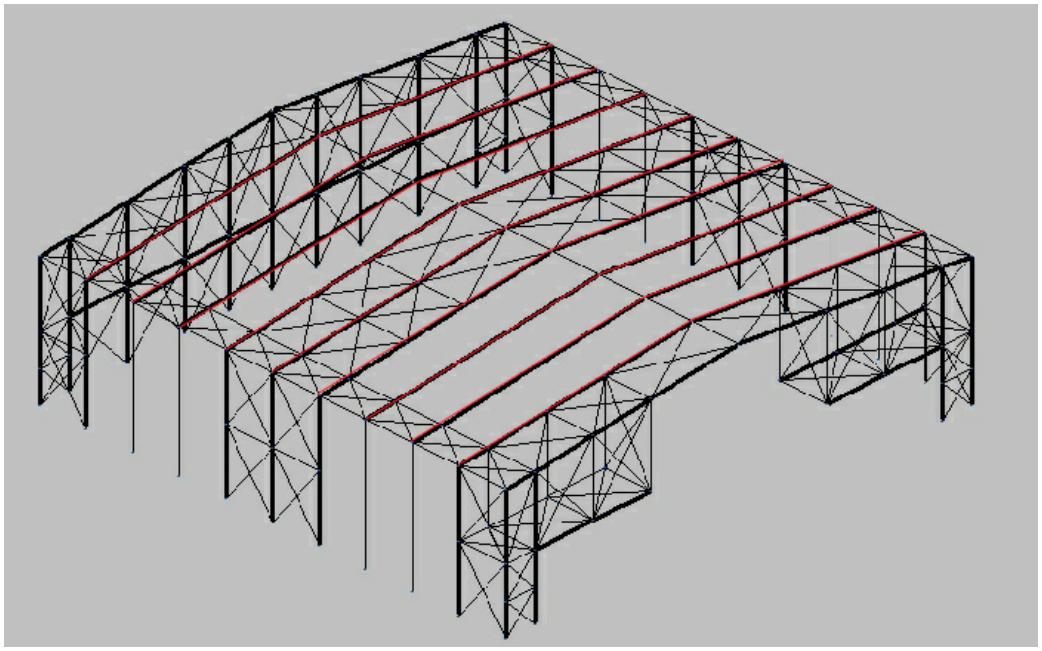


Figura 27: Jácenas intermedias.

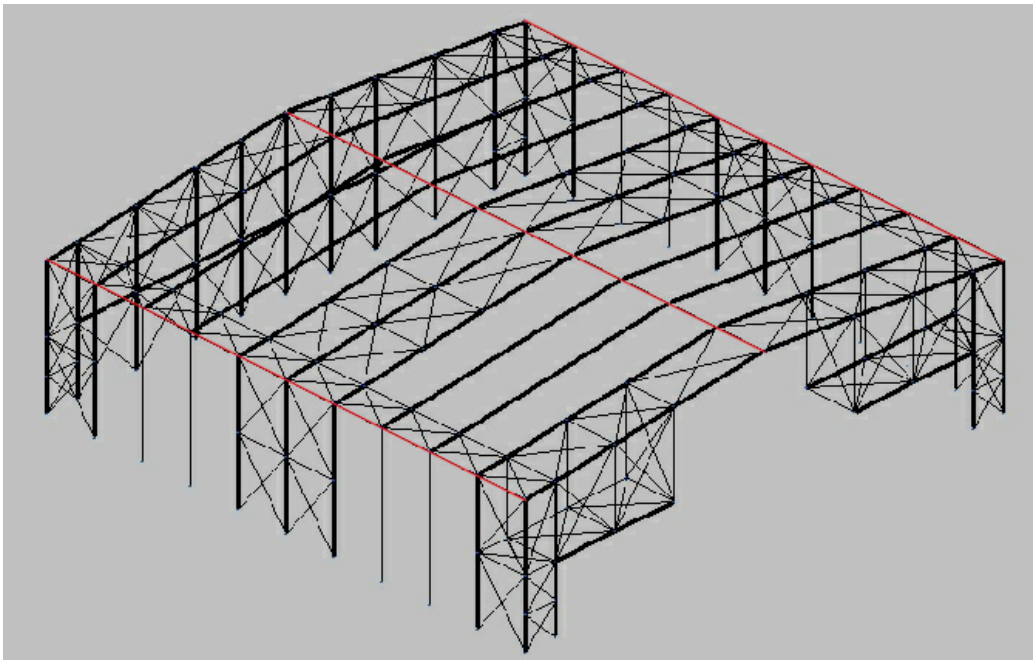


Figura 28: Vigas perimetrales.

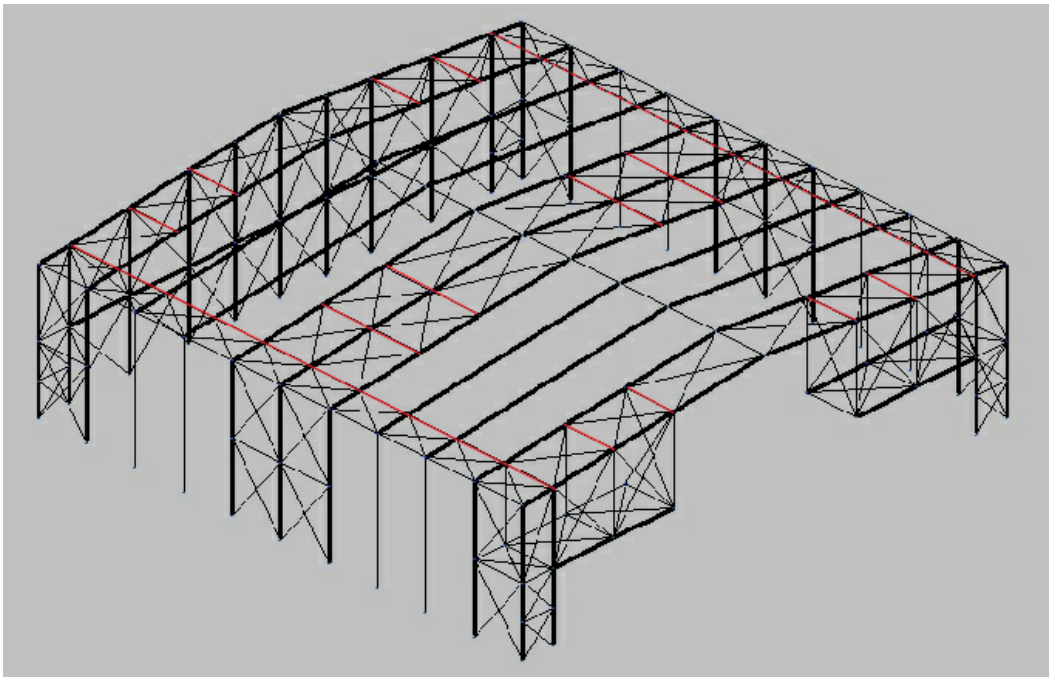


Figura 29: Vigas contraviento

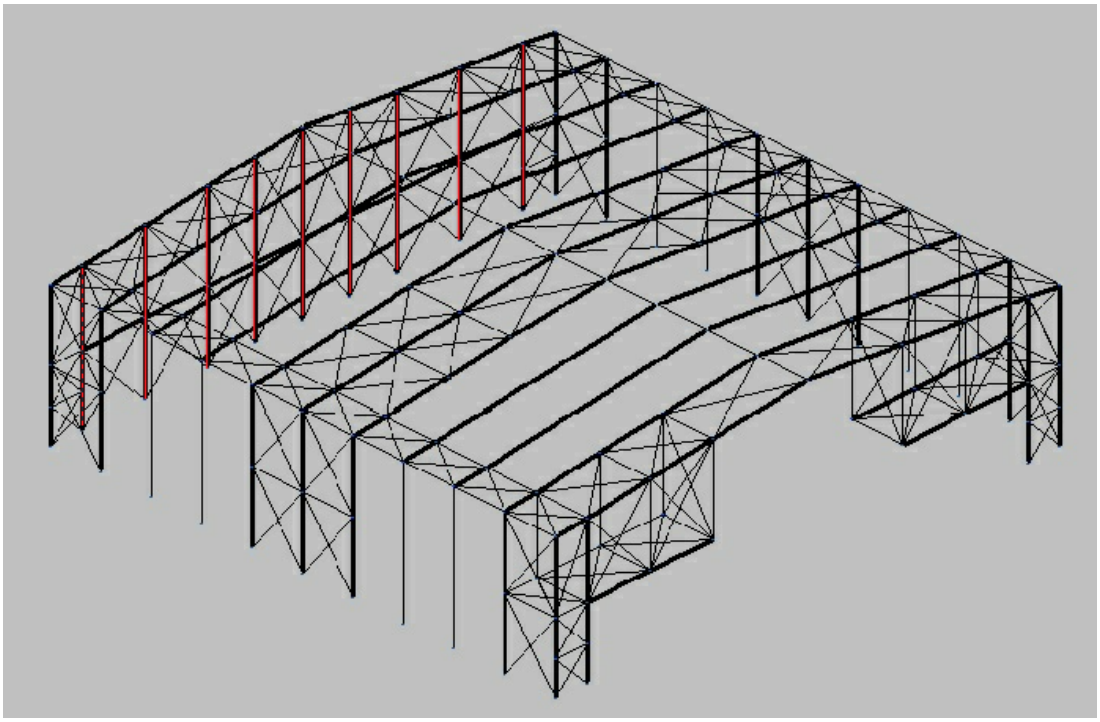


Figura 30: Pilarillos o pilares interiores fachada trasera.

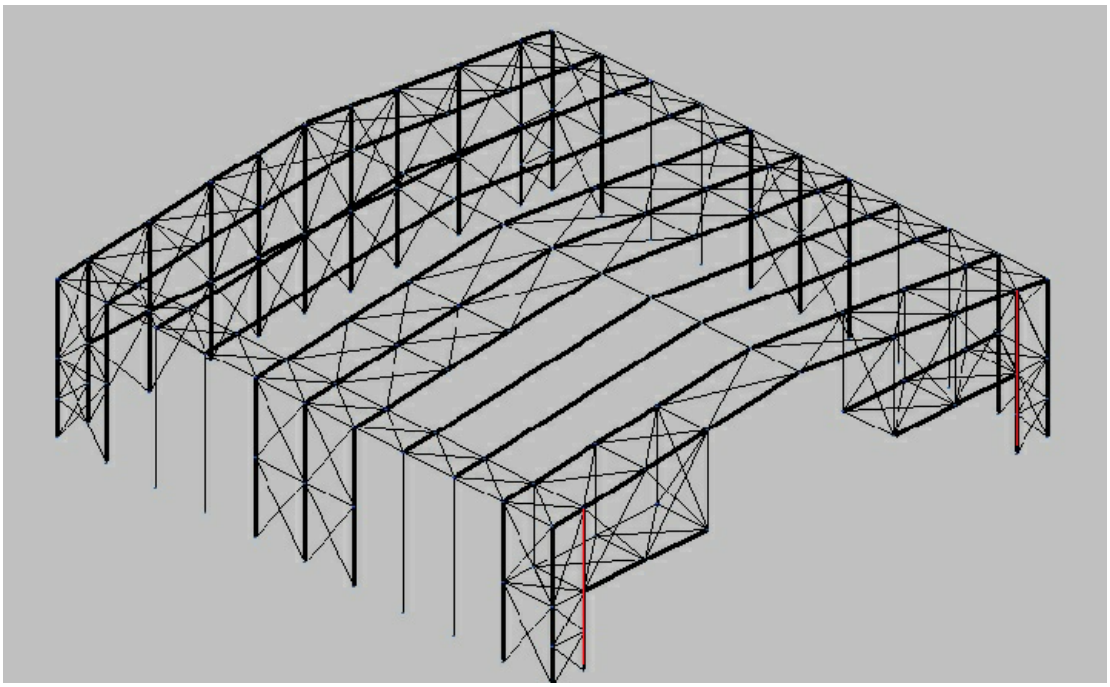


Figura 31: Pilarillos o pilares interiores fachada delantera.

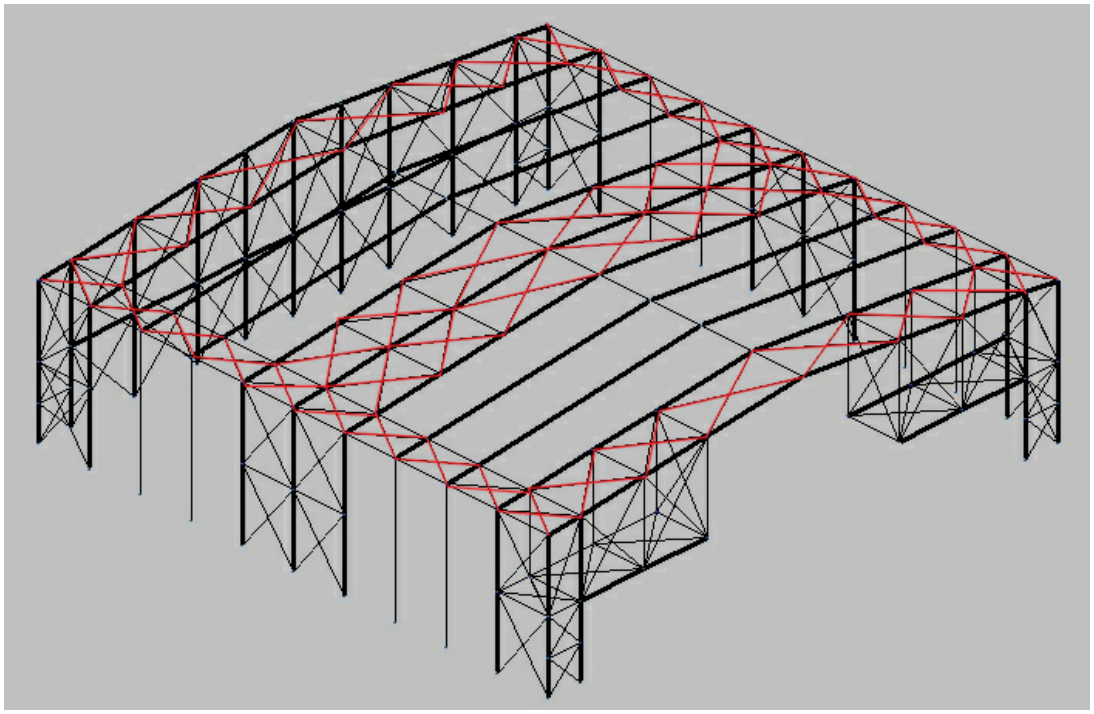


Figura 32: Cruces San Andrés cubierta.

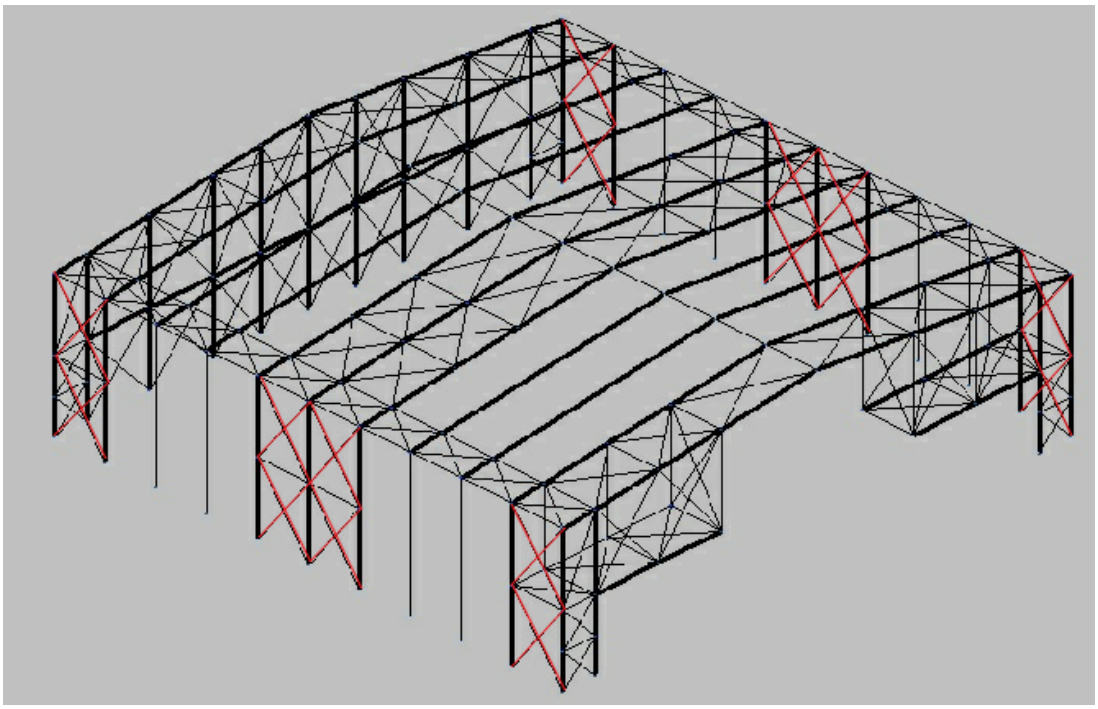


Figura 33: Cruces San Andrés laterales.

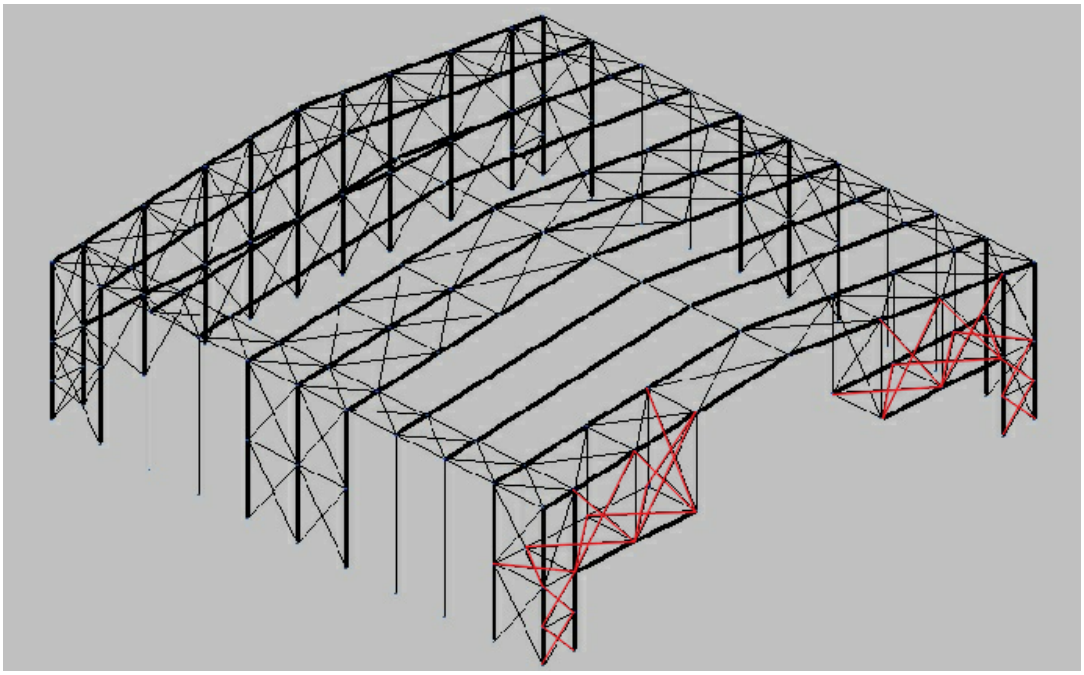


Figura 34: Cruces San Andrés fachada delantera.

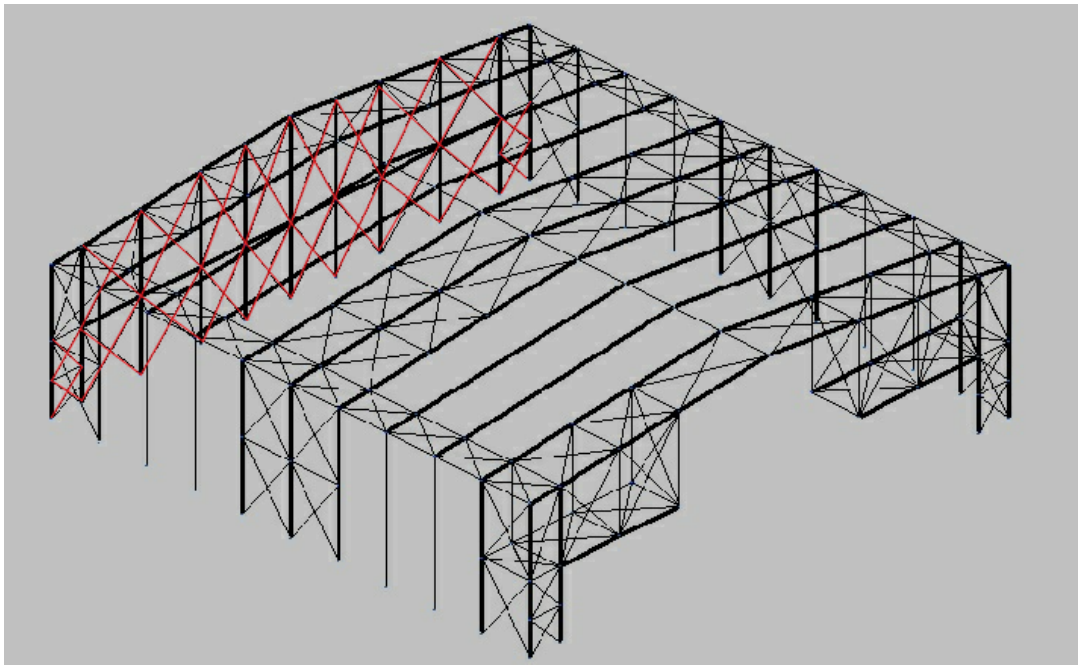


Figura 35: Cruces San Andrés fachada trasera.

Después de la creación del pórtico intermedio y el dimensionado de correas con Generador de Pórticos se hace la exportación de los 10 pórticos que componen la nave del hangar a CYPE 3D.

8.2.1.1. Fachadas laterales

En primer lugar se realiza el atado entre los pórticos que componen la estructura uniendo las cabezas de los pilares y la unión entre jácenas entre los pórticos con vigas perimetrales.

Con el fin de transmitir los esfuerzos que ejerce el viento en dirección perpendicular al plano del pórtico hasta el suelo, se procede a arriostrar mediante Cruces de San Andrés entre los dos primeros pórticos.

Dado que la altura de los pilares es muy alta, se divide por la mitad la altura de estos pilares ubicando una barra horizontal y por lo tanto una Cruz de San Andrés desde el suelo a 10,5 m y otra desde los 10,5 m hasta los 21 m del pilar. Con esto se consigue solucionar problemas de esbeltez reduciendo la longitud de pandeo de pilares de tanta altura.

Este arriostramiento se hace también en los dos pórticos en cada dirección desde el pórtico donde se hace la junta de dilatación ya que a partir de los 40 m es una estructura independiente.

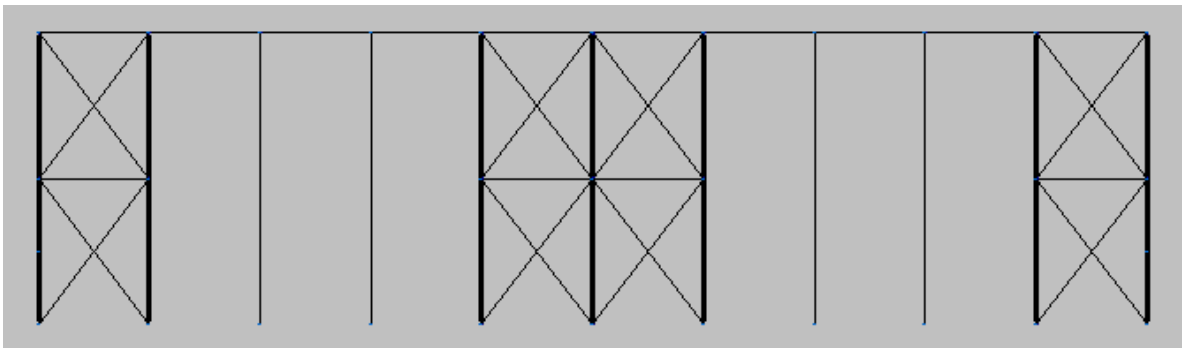


Figura 36: Lateral de la estructura del hangar en 2D en CYPE 3D.

8.2.1.2. Fachada delantera

Posteriormente, se realiza el diseño de la fachada delantera con una forma de “T” invertida que posibilita la entrada del avión. Dejando una luz libre abajo de 70 metros y arriba de 30 metros. El segundo nivel de anchura de 30 m está a 10,5 m del suelo y llega hasta las jácenas.

Con el fin de aportar rigidez a la fachada delantera se realiza el mismo diseño en el segundo pórtico para unirlo con el primero.

La forma de la “T” invertida posibilita la instalación de las puertas automáticas verticales tipo lona de Megadoor que tienen forma rectangular.

Se arriostra la separación de los pilares hasta el pilarillo dividido en tres tramos. La zona alta que va de 10,5 m hasta la jácena se arriostra con una semicruz. La parte de abajo se divide en dos alturas de 5,25 m cada una con Cruces de San Andrés.

Desde el pilarillo a una altura de 10,5 m van dos barras de 10 m y desde de cada una de estas barras parte una barra perpendicular hasta la jácena para dar la forma recta de la “T” invertida.

Estas dos divisiones también están arriostradas con Cruces de San Andrés.

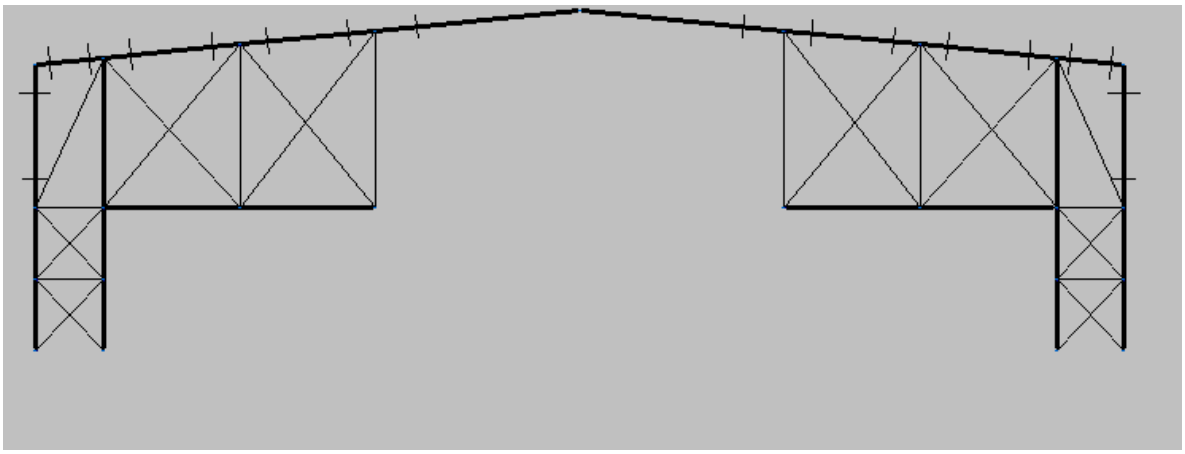


Figura 37: Fachada delantera de la estructura del hangar en 2D en CYPE 3D.

8.2.1.3. Fachada trasera

En la fachada trasera se aprovecha que es la única parte donde se pueden colocar pilarillos intermedios en toda su anchura y se colocan 9 entre la distancia que hay de pilar hastial a pilar hastial. La altura de estos pilarillos está dividida por barras de un extremo al otro a una altura de 10,5 metros dividiendo así el arriostramiento entre pilarillos en dos partes con Cruces de San Andrés.

Desde los pilares hastiales hasta el primer pilarillo el arriostramiento es el mismo que en fachada delantera con dos Cruces de San Andrés y una semicruz.

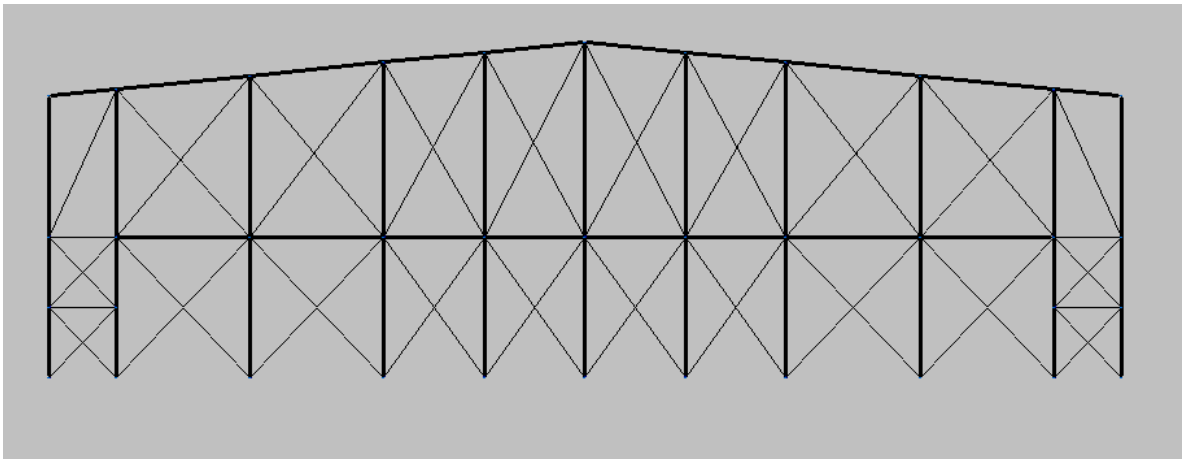


Figura 38: Fachada trasera de la estructura del hangar en 2D en CYPE 3D.

8.2.1.4. Cubierta

La cubierta está arriostrada en el espacio entre las dos primeras jácenas de ambas fachadas y el espacio entre las jácenas inmediatas al pórtico de la junta de dilatación en ambos sentidos. Estos arriostramientos están divididos en 4 cuadros de arriostramiento en cada agua dada la gran longitud de las jácenas.

Los puntos de los cuadros de arriostramiento coinciden en el mismo nudo con la unión de las vigas que llegan perpendiculares a las jácenas, con el fin de evitar excesivas cargas puntuales a lo largo de la jácena.

La cubierta también tiene arriostramientos a lo largo del plano transversal para transmitir los esfuerzos que supone el viento en dirección perpendicular al plano del pórtico.

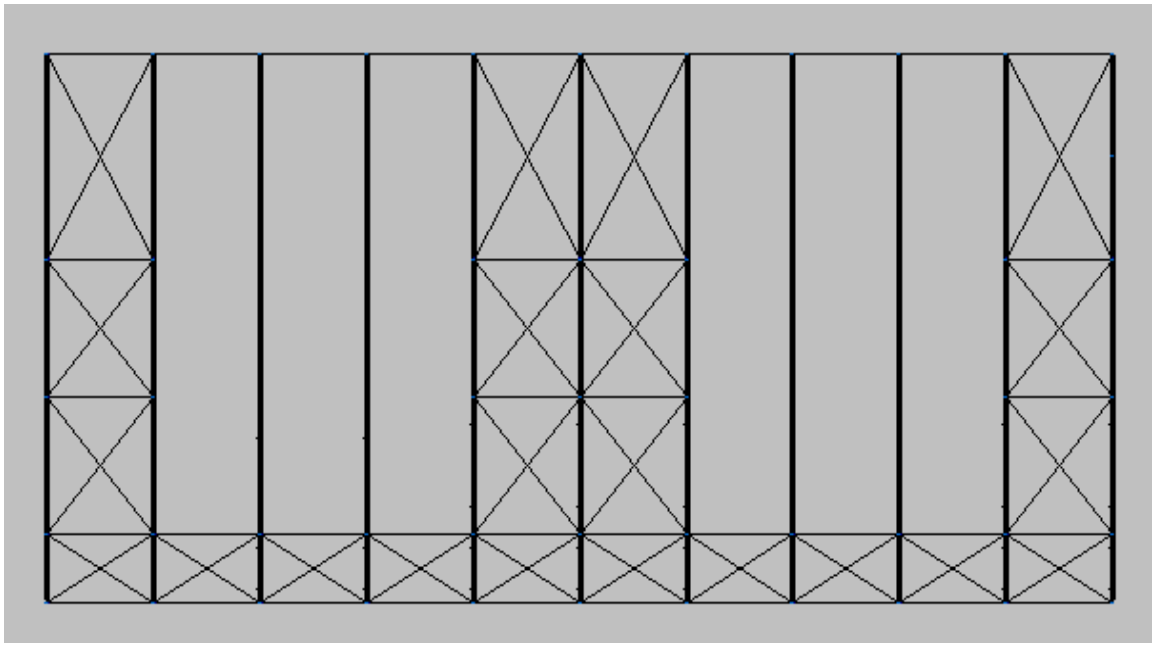


Figura 39: Faldón derecho cubierta de la estructura del hangar en CYPE 3D.

8.2.2. Flecha máxima

Teniendo en cuenta el apartado 4.3.3 del DB Seguridad Estructural la flecha máxima para los pilares tanto interiores como exteriores y demás elementos completamente verticales será de L/250 y para el resto de elementos tendrá un valor de L/300.

8.2.3. Nudos

Después de asignar el límite de flecha a cada barra de la estructura se procede a definir el tipo de uniones.

La unión que tienen los pilares de los extremos, al ser de sección variable, en un principio se optó por hacerlas articuladas al suelo, para lograr una cimentación más sencilla.

Después de comprobaciones, se ha decidido que todos los pilares de la estructura irán empotrados al suelo, reduciendo así la beta de pandeo en el plano del pórtico.

Con respecto a la unión entre los pilares y las jácenas se hará mediante unión rígida en los pilares extremos, mientras que en los pilarillos o pilares interiores se hará mediante unión articulada a la jácena.

La unión entre jácenas en cumbrera se realiza con nudos articulados, para ayudar a impedir los efectos térmicos que podrían producirse al ser una estructura de tanta anchura.

Las barras perimetrales de los extremos de la nave irán con unión articulada, mientras que las de cumbrera y las vigas de contra viento irán con unión rígida.

Todas las Cruces de San Andrés y semi cruces irán con uniones articuladas. Las vigas horizontales que dividen las alturas de las partes arriostradas irán con uniones rígidas.

Los demás elementos como las barras que dan forma a la fachada delantera irán con vinculación articulada.

8.2.4. Disposición de los elementos

Se ha de tener cuenta que la disposición de algunas barras deberá variar para poner su plano fuerte de pandeo según los esfuerzos que deba soportar.

Los pilares hastiales estarán todos a 0 grados, es decir, con el alma paralela al plano del pórtico, su plano XZ.

Los pilares intermedios estarán girados 90 grados con respecto a estos teniendo su alma, su plano XZ, perpendicular al plano del pórtico, para tener el plano fuerte en la misma dirección en la que absorbe las cargas del viento frontal.

La disposición de las vigas perimetrales también es con el plano que contiene el alma perpendicular al plano del pórtico.

Las jácenas estarán con el alma paralela al plano del pórtico, ya que al trabajar a flexión su plano fuerte, debe ir con la dirección igual a la que tienen su peso propio, peso de cerramientos y de correas.

8.2.5. Pandeo

CYPE asigna a todos los elementos un pandeo automático, pero este se modificará según su disposición y sus tipos de uniones, con el fin de obtener un cálculo final correcto de la estructura.

Ha de saberse antes de nada que CYPE llama plano XY al plano débil, que es paralelo a las alas de las vigas y plano XZ al fuerte que contiene al alma.

Pilares intermedios y hastiales

- Plano XY: En el eje débil los pilares están empotrados-articulados. Teniendo en cuenta que están además en el plano instraslacional de la estructura, se le aplica un coeficiente beta de pandeo de **0.7**.
- Plano XZ: En el eje fuerte los pilares empotrados-rígidos. Sabiendo que el plano del pórtico es un plano traslacional se le aplica una beta de pandeo de **1.4** a todos los pilares extremos (tanto hastiales como intermedios) para estar del lado de la seguridad.

Pilares intermedios y hastiales

- Plano XY: En el eje débil los pilarillos o pilares interiores están empotrados-articulados. Al estar girados 90 grados para soportar mejor los esfuerzos que causa el viento el plano XY de la viga será paralelo al plano del pórtico. En este plano la beta de pandeo será **0.7**. En este caso no habría traslacionalidad ni en el plano XY ni en el plano XZ.
- Plano XZ: Es este plano que será el del eje fuerte sucede lo mismo que en el eje débil lo que provoca que tenga una beta de **0.7**.

Jácenas

- Plano XY: Las jácenas tienen el plano XY perpendicular al plano de pórtico. Como está apoyada en un extremo al pilar y al otro a la otra jácena se le aplica una beta de pandeo de **1**.
- Plano XZ: El plano XZ será paralelo al plano del pórtico y se encuentra arriostrado por las correas de cubierta lo que provoca que su beta de pandeo en este plano sea **0**.

Cruces de San Andrés y semi cruz

- Dado que trabajan únicamente a tracción o compresión su beta de pandeo será **0** en ambos planos.

Vigas contraviento

- Trabajan únicamente a compresión su beta de pandeo será **1** en ambos planos.

Vigas perimetrales

- Trabajan únicamente a tracción y hay que indicárselo a CYPE al aplicarle una beta de pandeo será **0** en ambos planos.

El resto de elementos no descritos como las barras que forman la estructura en forma de "T" invertida de la fachada tendrán una beta de pandeo de **1** al ser articuladas-articuladas.

8.2.6. Pandeo lateral

Este fenómeno de inestabilidad se puede entender si se tiene en cuenta que el cordón superior de la viga queda comprimido por las tensiones de compresión derivadas de la flexión, motivo por el cual esta zona puede pandear lateralmente (en el plano perpendicular al plano medio de la barra) oponiéndose a ello el cordón inferior de la viga que está traccionando.

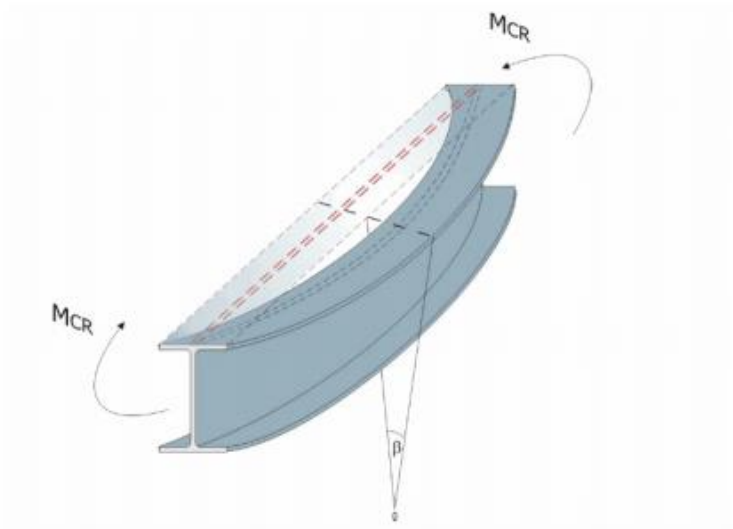


Figura 40: Pandeo lateral.

Este fenómeno es probable que ocurra en el caso de los pilares y vigas del hangar debido a la utilización de vigas armadas con un canto tan grande.

Al calcular la obra del hangar considerando el pandeo lateral se observa que fallan los pilares y jácenas de los pórticos interiores. Por ello esto se solucionará introduciendo tornapuntas o rigidizadores del alma en las jácenas y pilares de sección variable de todos los pórticos excepto los dos primeros y los dos últimos que no los requieren.

Figura 41: Tornapuntas a lo largo de una viga.

8.2.7. Descripción del perfil de las barras

Para optimizar la estructura se han agrupado lo máximo posible las barras para asignarles un perfil.

Se han agrupado todos los pilares de los extremos y todas las jácenas que tendrán inercia variable.

Todas las Cruces de San Andrés de los arriostramientos de la estructura se han descrito como tirantes excepto las que su recuadro arriostrado no forma un rectángulo y se han agrupado juntas excepto las de la parte alta del arriostramiento de la fachada trasera.

Las barras que forman Cruz de San Andrés y las semi cruces que están en un recuadro arriostrado que no tiene forma rectangular se han dejado como barras genéricas, pero se les ha asignado un pandeo de beta 0 en ambos planos a las dos barras.

Las demás barras que forman la fachada delantera se han agrupado de forma que sean simétricas con respecto al plano perpendicular al del pórtico.

Las vigas perimetrales de los extremos y de cumbrera también forman un grupo y las de contraviento otro.

8.2.8. Predimensionado de vigas de sección variable

Con respecto a los pilares y las jácenas de sección variable primero se hace un cálculo preliminar para empezar a iterar hasta conseguir unas dimensiones que cumplan todas las comprobaciones.

A su vez el objetivo es lograr unos perfiles cuya sección varíe según los esfuerzos que soporten las barras a lo largo de su longitud aumentando el canto donde deba soportar los mayores esfuerzos.

Para ello se ha utilizado el programa SAP 2000 en el que se dibuja un pórtico biempotrado con las dimensiones de los pórticos del hangar. Debido a su simetría se simplifica quedando como muestra la *Figura 42*:

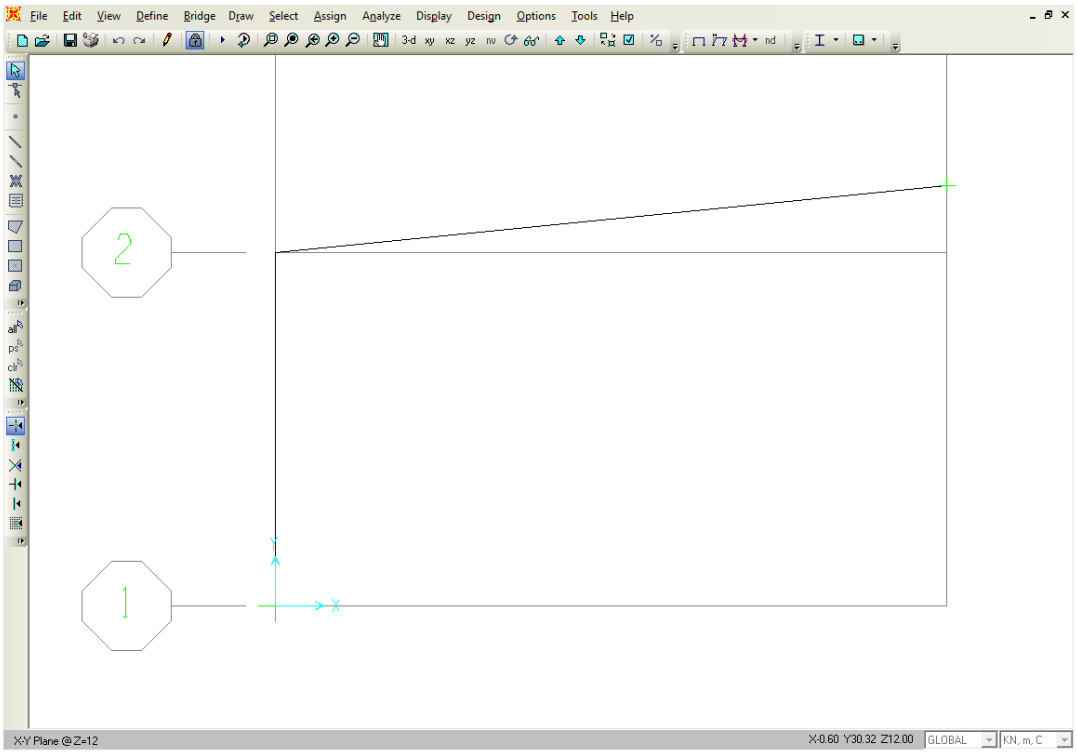


Figura 42: Semipórtico en SAP 2000.

Con el SAP 2000 se le añaden las cargas de peso propio, sobrecarga de uso y viento teniendo en cuenta la combinación de acciones como indica el DBSE del CTE:

- Peso propio: 4,5 kN/m
- Sobrecarga de uso: 0,8 kN/m
- Carga de viento: 2,93 kN/m

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Los coeficientes γ_G, γ_Q y Ψ_o se obtienen de la *Tabla 7*.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación [1]	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

[1] Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas(Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)	[1]		
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

[1] En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla 7. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones y coeficientes de simultaneidad.

Se utilizan las dos combinaciones de acciones y se introducen en la geometría de SAP 2000 para quedarse con la más desfavorable.

En la más desfavorable se obtiene el siguiente diagrama de momentos flectores mostrado en la *Figura 43*.

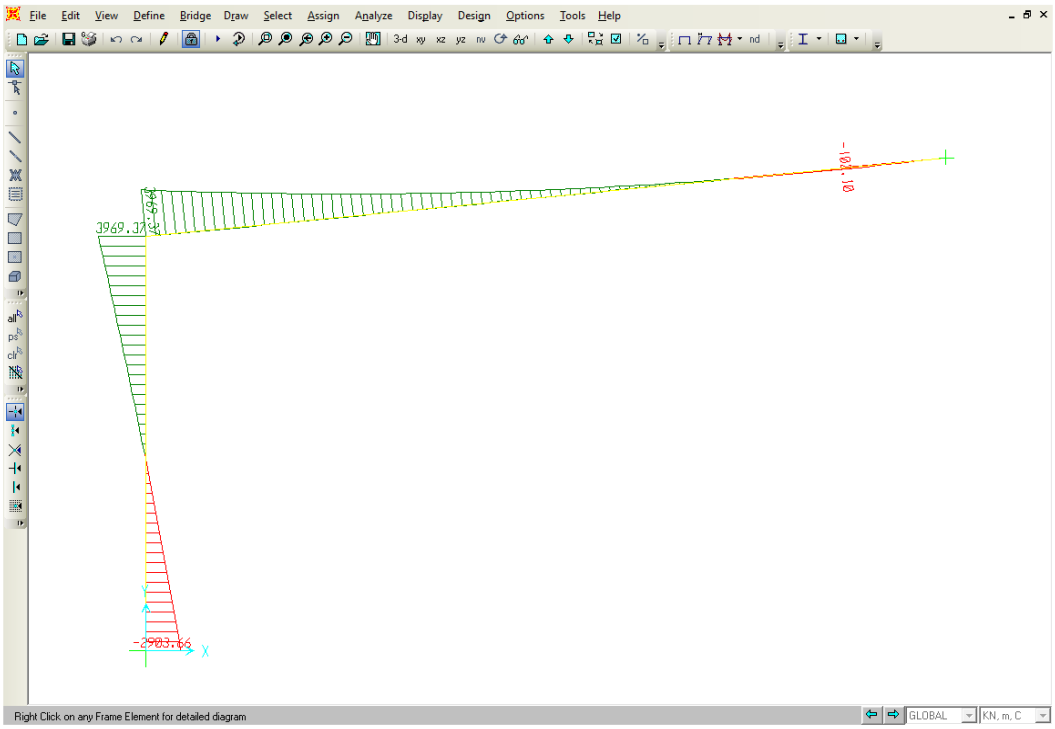


Figura 43: Diagrama de momentos flectores con la opción más desfavorable de acciones combinadas en SAP 2000.

Se obtiene un momento flector de 3969,32 kN·m en la zona más desfavorable del pórtico.

Debido a que en uno de los extremos de la jácena el momento flector es 0 comenzamos a predimensionar por la jácena.

Mediante la fórmula de Navier fijando la tensión como la máxima admisible y una de las dimensiones de la barra (la b en este caso) se obtiene la h necesaria.

$$\sigma(x,y,z) = \frac{N_{x(x)}}{A} + \frac{M_{y(x)}}{I_y} z - \frac{M_z(x)}{I_z} y$$

Se obtiene una h de 1900 mm que será con la que se comienza a dimensionar las jácenas y al iterar se obtendrá el canto final que será menor y corresponde a la unión con la otra jácena. Cómo el principio de la jácena es de canto igual que el final del pilar a partir de esta dimensión se irá iterando para sacar también el canto inicial de los pilares

8.2.9. Descripción del perfil de las barras

Pilares intermedios y hastiales

Los pilares exteriores tanto los intermedios como los hastiales con una longitud de 21 m son de sección variable. El perfil seleccionado para un total de 22 pilares que cumple todas las comprobaciones es PVS-500x30x15. Al ser sección variable su canto varía a lo largo de su longitud. En este caso el canto será mayor en la parte superior y menor en la parte inferior, debido a que en la parte superior es donde mayores esfuerzos soporta. El canto comienza en la zona inferior con una medida de 900 mm y acaba en la parte superior con 2500 mm.

Jácenas

Las 22 jácenas de la estructura son de sección variable también y el perfil escogido que cumple todas las comprobaciones es el PVS-500x30x15 con una longitud de 40,2 m. Su canto inicial está ubicado al final de los pilares exteriores y por esto tendrá la misma dimensión, 2500 mm. El canto final se encuentra en la unión con la otra jácena en cumbrera y tiene una medida de 1500 mm.

Pilares interiores de la fachada delantera

Se trata de 2 pilares laminados con un perfil HE 1000 B de 21,5 m de longitud.

Pilares interiores fachada trasera

Los 9 pilares interiores de la fachada trasera tienen un perfil HE 1000 B.

Cruces de San Andrés y semi cruz

Todos los tirantes que forman los arriostramientos de las Cruces de San Andrés, excepto los de los arriostramientos de la parte superior de los pilares interiores de la fachada trasera y los frontales de la parte superior de fachada delantera, son del tipo L y, concretamente, el de las dimensiones 110x70x12 cm. Se trata de un total de 170 tirantes con dimensiones 110x70x12 cm.

El perfil de los 24 tirantes de los arriostramientos que hay entre los pilarillos de la parte superior de la fachada trasera y los de la parte superior de fachada delantera es de tipo L y dimensiones 250x250x27 cm.

Las 4 semi cruces tienen un perfil HE 300 B y una longitud de 12,1 m.

Vigas perimetrales

Las 30 vigas perimetrales de 8 m de longitud tienen un perfil IPE 550.

Vigas contraviento

En cuanto a las 36 vigas de contraviento tendrán una longitud de 8 m y un perfil IPE 550.

Resto de barras

En esta parte se encuentran las vigas de contorno o vigas montantes, las vigas que forman la parte restante de las fachadas en las que hay vigas de los siguientes perfiles:

- IPE 550: se trata de 8 vigas de contorno que se encuentran en la fachada delantera.
- HE 240 B: 10 vigas de contorno de la fachada trasera.
- HE 300 B: 12 vigas en fachada delantera y en las 4 semi cruces.
- HE 450 B: 16 vigas que completan la parte superior de la fachada.

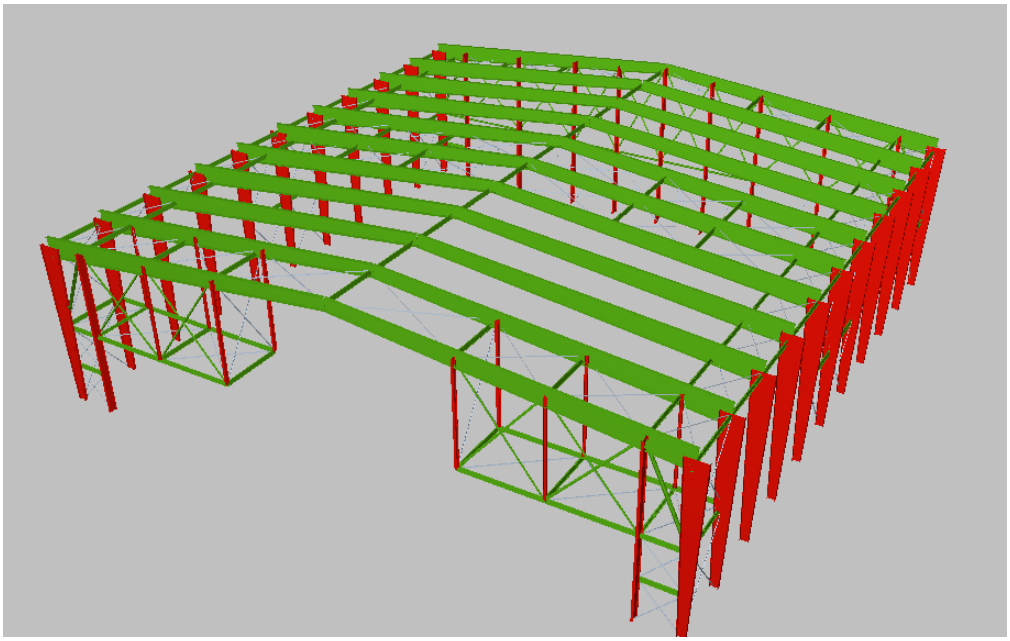


Figura 44: Vista en 3D de la parte delantera de la estructura metálica final del hangar en CYPE 3D.

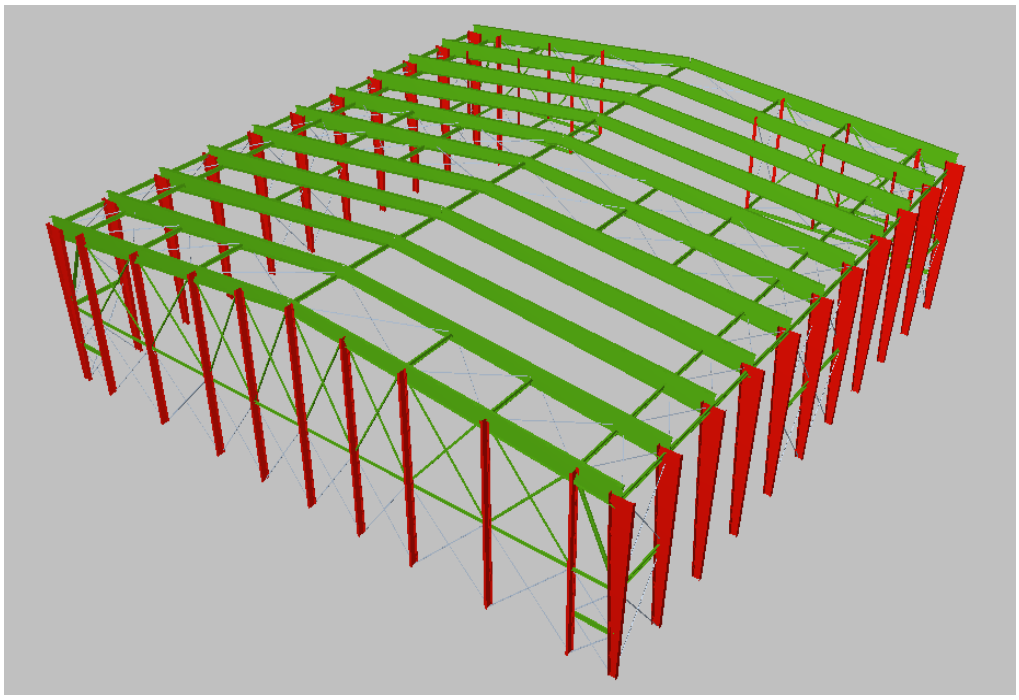


Figura 45: Vista en 3D de la parte trasera de la estructura metálica final del hangar vista en CYPE 3D.

8.2.10. Placas de anclaje

Una vez se han descrito y homogenizado todos los perfiles de la estructura y al calcular cumplen todas las comprobaciones se procede a generar las uniones de todos los pilares con el suelo.

Con CYPE 3D se generan todas las placas de anclaje editándolas comprobando que cumplen las comprobaciones.

Se agrupan las placas de anclaje de todos los pilares exteriores, las placas de los pilares interiores de fachada delantera y las placas de los pilares interiores de fachada trasera.

Se seleccionan la anchura en X y en Y y el espesor de la placa. Después se modifican los pernos seleccionando un diámetro, su tipo de anclaje al hormigón, su longitud y su número.

En este caso todos los tipos de anclaje al hormigón de los pernos se realizan en forma de gancho en 180 grados para disminuir la longitud que deberán tener.

Además si hace falta se añaden los rigidizadores pudiendo modificar su altura, en perfil y en borde, y su espesor.

A continuación se describen los diferentes parámetros principales seleccionados en cada grupo de placas de anclaje

Pilares interiores fachada delantera

Dimensiones placa base	700x1400x50mm
Número de rigidizadores	**2 rigidizadores**
Dimensiones rigidizadores	**300x105x14mm**
Número y diámetro pernos	**6 / 50mm**
Tipo anclaje al hormigón de los pernos	**Gancho a 180 grados**
Longitud pernos	**125 cm**

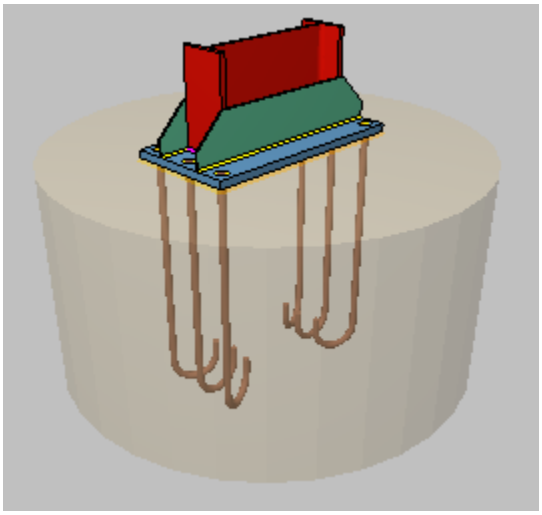


Figura 46: Placa de anclaje pilares fachada delantera en CYPE 3D.

Pilares exteriores

Dimensiones placa base	1000x1500x60mm
Número de rigidizadores	**2 rigidizadores**
Dimensiones rigidizadores	**300x105x20mm**
Número y diámetro pernos	**12 / 50mm**
Tipo anclaje al hormigón de los pernos	**Gancho a 180 grados**
Longitud pernos	**125 cm**

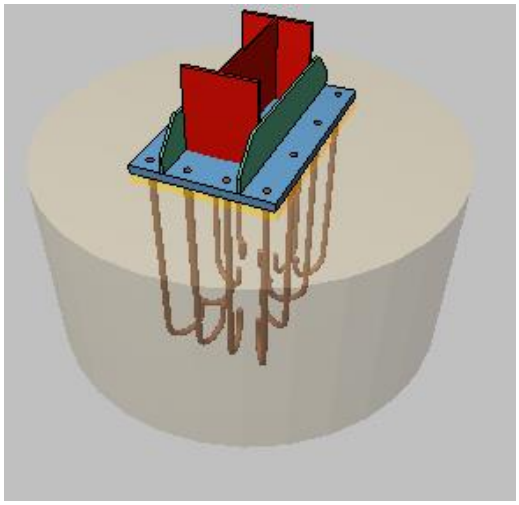


Figura 47: Placa anclaje pilares exteriores en CYPE 3D.

Pilares interiores fachada trasera

Dimensiones placa base	700x1400x50mm
Número de rigidizadores	**2 rigidizadores**
Dimensiones rigidizadores	**300x105x14mm**
Número y diámetro pernos	**6 / 50mm**
Tipo anclaje al hormigón de los pernos	**Gancho a 180 grados**
Longitud pernos	**110 cm**

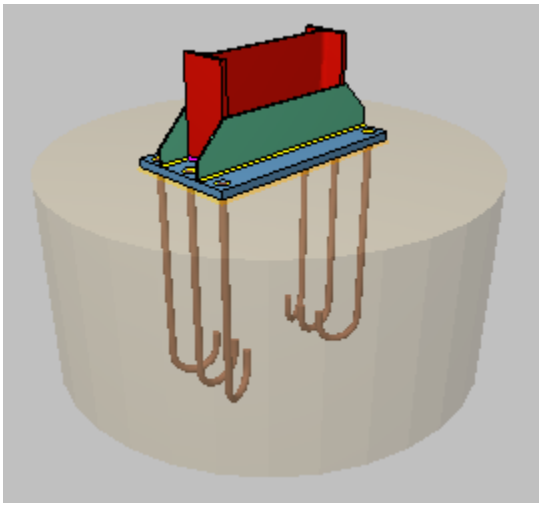


Figura 48: Placa anclaje pilares interiores fachada trasera.

8.3. Cimentaciones

Tras la edición de las placas de anclaje se procede a la obtención de las cimentaciones en el mismo módulo de CYPE 3D.

8.3.1. Zapatas

En primer lugar se crea una zapata de hormigón armado a cada placa de anclaje correspondiente a cada pilar del hangar.

Todas las zapatas de hormigón armado serán cuadradas y aisladas excepto una combinada que contiene las de los pilares hastiales y los primeros pilares interiores de las

fachadas en una misma zapata rectangular. A parte de la zapata combinada también será excepción en ambos laterales de la nave la zapata de los pilares entre los que se encuentra la junta de dilatación donde al haber duplicado de pórticos la zapata será una única zapata para ambos pilares. Como el duplicado de pórticos por junta de dilatación es algo que no se tiene en cuenta en el apartado de cálculos si no únicamente en el presupuesto y planos sólo se calculara una zapata excéntrica en los pilares del pórtico central.

Todas las zapatas cuadradas de los pilares exteriores (excepto la de los pilares del pórtico central) se igualan en ambos laterales del hangar. También se igualan todas las zapatas de los pilares interiores de la fachada trasera. Todas las zapatas combinadas serán igualadas para lograr simetría. En la *Figura 49* se puede apreciar los distintos grupos de zapatas existentes. Con el mismo color las que tienen las mismas dimensiones.

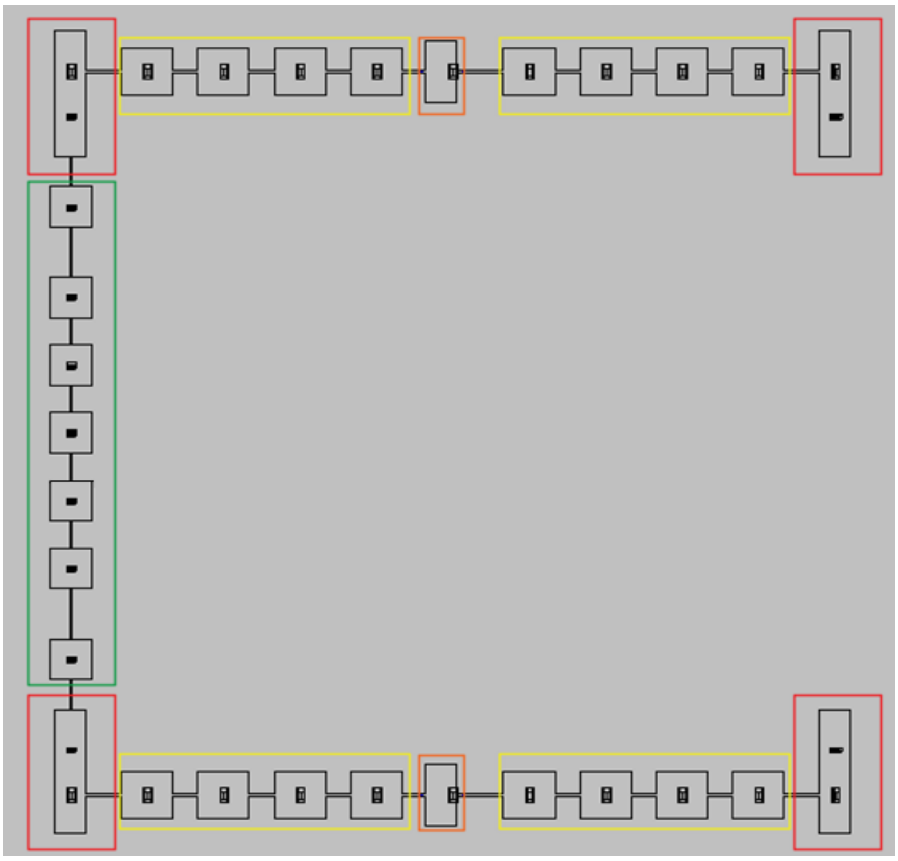


Figura 49: Esquema de zapatas y riostras del hangar en CYPE 3D.

Tras dimensionar las zapatas en esta tabla se mostrarán las dimensiones y armado superior e inferior tanto en X como en Y finales según al grupo de colores que pertenezcan:

Grupo de zapatas	Dimensiones (cm)	Armado en X	Armado en Y
Naranja	345x690x135	Sup: 30Ø20c/23 Inf: 30Ø20c/23	Sup:15Ø20c/23 Inf:34Ø16c/10
Amarillo	560x560x135	Sup: 24Ø20c/23 Inf: 24Ø20c/23	Sup: 24Ø20c/23 Inf: 24Ø20c/23
Rojo	330x1360x200	Sup: 135Ø16c/10 Inf: 135Ø16c/10	Sup: 32Ø16c/10 Inf: 32Ø16c/10
Verde	510x510x120	Sup: 20Ø20c/26 Inf: 20Ø20c/26	Sup: 20Ø16c/26 Inf: 20Ø16c/26

8.3.2. Vigas riostras

Se utilizarán dos tipos de vigas riostras que unen zapatas entre sí: vigas de atado y vigas centradoras.

Las vigas de atado se utilizan en todas las uniones entre zapatas excepto en la unión con las zapatas excéntricas del pórtico central donde se usan vigas centradoras.

Tras el dimensionado y comprobar que cumplen todas las riostras se obtienen las siguientes dimensiones y tipos de viga:

- Vigas de atado: Viga de atado tipo C.1 de 40x40 cm.
- Vigas centradoras: Viga tipo VC.S-3.1 de 40x60 cm.

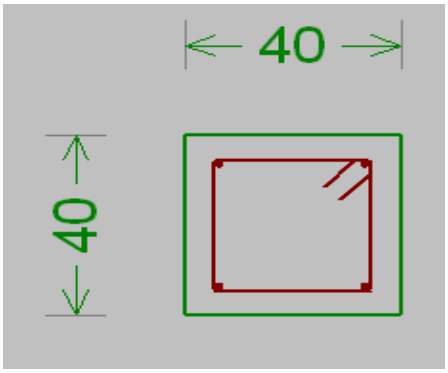


Figura 50: Sección de viga de atado en CYPE 3D.

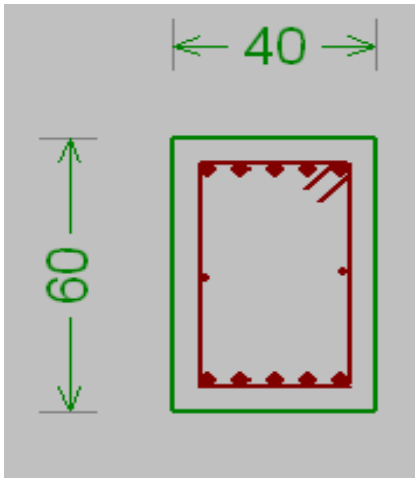


Figura 51: Sección de viga centradora en CYPE 3D.

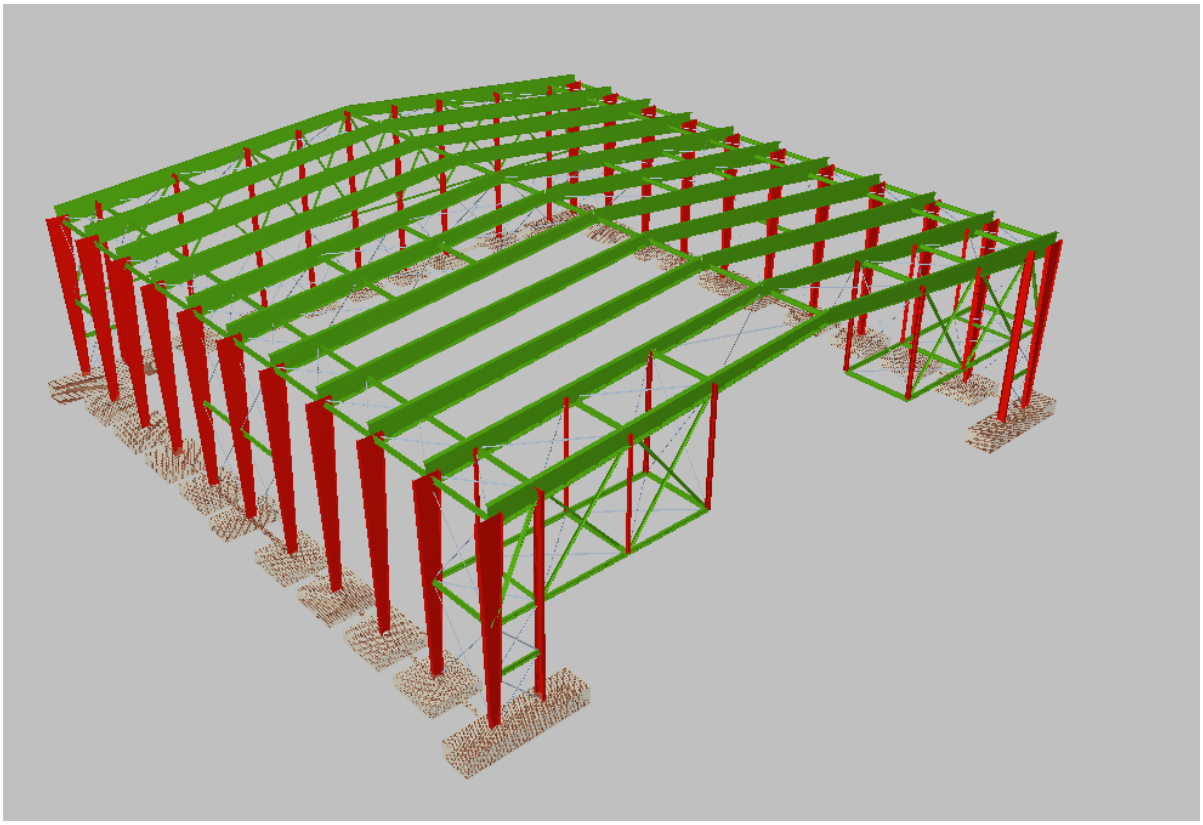


Figura 52: Estructura metálica completa con cimentaciones incluidas en CYPE 3D.

9. Seguridad en caso de incendio

Siguiendo el Reglamento de Seguridad en Caso de Incendio en edificios industriales se procede a disminuir el riesgo de incendio que afecta al hangar. Mediante protecciones pasivas se logra aumentar el tiempo que el acero de la estructura es capaz de estar a temperatura inferior a la que pierde su resistencia.

9.1. Características del establecimiento industrial por su configuración y ubicación con relación a su entorno.

Según su configuración y ubicación con relación al entorno se puede caracterizar el establecimiento industrial seleccionando un tipo de configuración u otro de los existentes en el Reglamento de Seguridad en Caso de Incendio.

En este caso es el Tipo C, ya que se trata de un establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio y que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia está libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

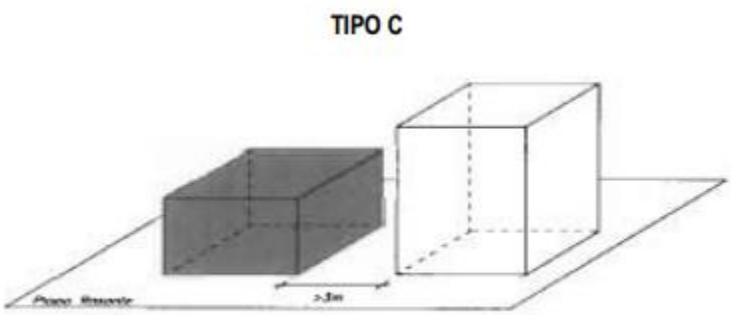


Figura 53: Tipo de configuración de establecimiento industrial Tipo C.

9.2. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.

Los establecimientos industriales se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación.

3.1. Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. Cada una de estas configuraciones constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial.

Para los tipos A, B y C se considera "sector de incendio" el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

3.2. El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará:

1. Calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \, q_i \, C_i}{A} \mathrm{K} \; R_a \; (MJ/m^2) \; o \; (Mcal/m^2)$$

donde:

Q_S = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

G_i = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

Ra = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2.

2. Como alternativa a la fórmula anterior se puede evaluar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s, del sector de incendio aplicando las siguientes expresiones.

a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si}\, S_i\, C_i}{A} R_a \; (MJ/m^2) \; o \; (Mcal/m^2)$$

donde:

Q_S, C_i , Ra y A tienen la misma significación que en el apartado anterior.

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m^2.

C_i se obtiene de la *Tabla 8*.

TABLA 1.1
GRADO DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i		
ALTA	*MEDIA*	*BAJA*
- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B_1, en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 ºC. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.	- Líquidos clasificados como subclase B_2 en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 ºC y 200 ºC. - Sólidos que emiten gases inflamables.	- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 ºC.
C_i = 1,60	C_i = 1,30	C_i = 1,00

Tabla 8: Coeficientes de peligrosidad por combustibilidad.

En el caso del hangar el C_i tomado tiene un valor de 1,60 que puede obtenerse de la*Tabla 8*.

En este caso al considerarse que se ocupa toda la superficie que tiene la nave del hangar S_i y A serán iguales con un valor de 6400m2.

Ra y q_{si} se obtienen de la *Tabla 9*:

TABLA 1.2
VALORES DE DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO MEDIA DE DIVERSOS PROCESOS INDUSTRIALES, DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS Y RIESGO DE ACTIVACIÓN ASOCIADO, Ra

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q_s		Ra	q_v		Ra
	MJ/m²	Mcal/m²		MJ/m³	Mcal/m³	
Aviones, hangares	200	48	1,5			

Tabla 9. Valores de densidad de carga de fuego y factor R_a para el caso de Aviones, Hangares.

Como se puede apreciar en la *Tabla 9* el valor de q_s es de 200 MJ/m^2 o 48 Mcal/m^2 y el valor de Ra 1,5.

Parámetro	Valor
C_i	1,60
Ra	1,50
S_i	6400m2
q_{si}	200MJ/m2
A	6400m2

Con los anteriores parámetros ya se puede calcular la carga de fuego que tiene un valor de Q_s=480 MJ/m^2.

Con el valor de la carga de fuego y gracias a la *Tabla 10* se puede seleccionar el nivel de riesgo intrínseco

TABLA 1.3

Nivel de riesgo intrínseco		*Densidad de carga de fuego ponderada y corregida*	
		Mcal/m²	*MJ/m²*
BAJO	1	$Q_S \leq 100$	$Q_S \leq 425$
	2	$100 < Q_S \leq 200$	$425 < Q_S \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_S \leq 300$	$850 < Q_S \leq 1275$
	4	$300 < Q_S \leq 400$	$1275 < Q_S \leq 1700$
	5	$400 < Q_S \leq 800$	$1700 < Q_S \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_S \leq 1600$	$3400 < Q_S \leq 6800$
	7	$1600 < Q_S \leq 3200$	$6800 < Q_S \leq 13600$
	8	$3200 < Q_S$	$13600 < Q_S$

Tabla 10: Valor de nivel intrínseco en función de densidad de carga de fuego ponderada y corregida.

Como se puede apreciar en la *Tabla 10* el nivel de riesgo intrínseco es BAJO 2.

9.3. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante) en el ensayo normalizado conforme a la norma correspondiente de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión.

La estabilidad ante al fuego, exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, puede determinarse:

1. Mediante la adopción de los valores que se establecen en este anexo II, apartado 4.1 o más favorable.

2. Por procedimientos de cálculo, analítico o numérico, de reconocida solvencia o justificada validez.

3. La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante y escaleras que sean recorrido de evacuación no tendrá un valor inferior al indicado en la *Tabla 11*.

TABLA 2.2
ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 *(EF – 120)*	R 90 *(EF – 90)*	R 90 *(EF – 90)*	R 60 *(EF – 60)*	R 60 *(EF – 60)*	R 30 *(EF – 30)*
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 *(EF – 120)*	R 120 *(EF -120)*	R 90 *(EF – 90)*	R 90 *(EF – 90)*	R 60 *(EF – 60)*
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 *(EF -180)*	R 120 *(EF -120)*	R 120 *(EF -120)*	R 90 *(EF – 90)*

Tabla 11: Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes.

4. Para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes, siempre que se justifique que su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o la sectorización de incendios implantada y, si su riesgo intrínseco es medio o alto, disponga de un sistema de extracción de humos, se podrán adoptar los valores de la *Tabla 12*.

TABLA 2.3

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (*EF-15*)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (*EF-30*)	R 15 (*EF-15*)
Riego alto	R 60 (*EF-60*)	R 30 (*EF-30*)

Tabla 12: Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes para estructuras con cubiertas ligeras sobre rasante.

El caso del hangar podría considerarse como el caso 4. de cubiertas ligeras pero para estar en el lado de la seguridad en un proyecto de tal magnitud se ha decidido considerar el caso 3. y la *Tabla 11* que exige un R 30 (EF-30).

9.4. Protección pasiva contra incendios

Los perfiles metálicos utilizados en la construcción de estructuras portantes, tienen el inconveniente de la disminución de su resistencia mecánica, debido a la rapidez con que incrementan su temperatura cuando están en contacto con un foco de calor. Para evitar ésta pérdida de estabilidad, deben protegerse con alguno de los diferentes sistemas homologados existentes en el mercado, tales como pinturas intumescentes, morteros y paneles de silicato, etc. No obstante para elegir la solución adecuada, hay que conocer qué factores y cómo influyen, y se comportan ante la acción del fuego.

Como protección pasiva contra incendios en el hangar se ha escogido la pintura intumescente que logrará prevenir la aparición de un incendio, impedir o retrasar su propagación, y facilitar por último su extinción.

Se basa en el crecimiento volumétrico de una sustancia bajo el efecto del calor. Se concreta en la formación de una capa espumosa de materiales carbonizados la cual sirve como barrera aislante de la combustión creada por la reacción química provocada por la exposición al calor.

Figura 54: Pintura intumescente desarrollando espuma aislante ante la presencia de fuego.

9.4.1. Cálculo de pintura intumescente en CYPE

El módulo CYPE 3D de CYPE Ingenieros permite calcular el espesor de pintura necesario según el grado de protección exigido atendiendo el DBSI del CTE.

Figura 55: Vigas pintadas con recubrimiento intumescente.

Seleccionando en Datos Generales en la parte de Resistencia al fuego la resistencia requerida que en este caso es R30 y pintura intumescente con una conductividad de 0.01W/(m·K) el programa permite calcular el espesor necesario en cada elemento de la estructura.

CYPE 3D pone revestimiento de protección a todas las barras de la estructura incluyendo arriostramientos sin embargo solo debemos proteger los pilares, jácenas, perimetrales, etc. No se tendrá en cuenta revestimiento intumescente en elementos auxiliares como cruces de San Andrés y otros arriostramientos y por ello en CYPE 3D se debe señalar a cada tirante que no se le debe aplicar protección pasiva contra incendios.

10. Bibliografía

[1] Código Técnico de la Edificación.

[2] C. Hurtado et al. Estructuras de acero en Edificación. Publicaciones APTA, 2008..

[3] Reglamento de seguridad contra incendio en los establecimientos industriales. ..

[4] www.soloarquitectura.com

[5] www.britishairways.com

ANEXO I

CÁLCULOS

1. Datos de obra

1.1. Normas consideradas

Cimentación: EHE-98-CTE

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Categoría de uso: G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Control de la ejecución: Normal Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

1.2.1.- Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP	Peso propio
Q	Sobrecarga de uso
V(0°) H1	Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(0°) H2	Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior
V(90°) H1	Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(180°) H1	Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
V(180°) H2	Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior
V(270°) H1	Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
N(EI)	Nieve (estado inicial)
N(R) 1	Nieve (redistribución) 1
N(R) 2	Nieve (redistribución) 2

2. Comprobaciones barras

2.1. Comprobaciones de las correas

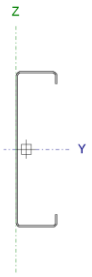
Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-300x4.0	Límite flecha: L
Separación: 1.50 m	Número de vanos: U
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: F

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 79.88 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-300x4.0
Material: S235



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_g (3) (mm)	z_g (3) (mm)
0.746, 80.000, 21.075	0.746, 72.000, 21.075	8.000	19.16	2406.32	142.15	1.02	-19.83	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	8.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 4 m η = 79.9	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 9.7	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 79.9**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***69.8*** ✓

b / t : ***14.8*** ✓

c / t : ***3.6*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

c / b : *0.246*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *279.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *59.00* mm

c: Altura de los rigidizadores. **c** : *14.50* mm

t: Espesor. **t** : *4.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.799*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{v,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{v,Ed}^{+}}$: *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.000 m del nudo 0.746, 80.000, 21.075, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

$\mathbf{M_{v,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{v,Ed}^{-}}$: *28.68* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *35.90* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{el}}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $\mathbf{W_{el}}$: *160.42* cm³

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *235.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.097*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.746, 80.000, 21.075, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *14.34* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{b,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{b,Rd}}$: *148.50* kN

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma. $\mathbf{h_w}$: *291.02* mm

$\mathbf{t}$: Espesor. $\mathbf{t}$: *4.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

$\mathbf{f_{bv}}$: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$\mathbf{f_{bv}}$: *133.95* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: *0.84*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *235.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 89.17 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.746, 80.000, 21.075
Coordenadas del nudo final: 0.746, 72.000, 21.075
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(0°) H1 a una distancia 4.000 m del origen en el primer vano de la correa.
(Iy = 2406 cm4) (Iz = 142 cm4)

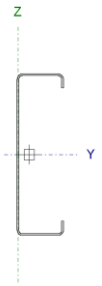
Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-275x4.0	Límite flecha: L
Separación: 1.50 m	Número de vanos: U
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: F

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 70.02 %

Barra pésima en lateral

Perfil: CF-275x4.0
Material: S235



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_q (3) (mm)	z_q (3) (mm)
0.000, 80.000, 0.750	0.000, 72.000, 0.750	8.000	18.20	1958.02	139.37	0.97	-18.79	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	8.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en lateral	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 4 m η = 70.0	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 0 m η = 8.1	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 70.0**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***63.8*** ✓

b / t : ***15.0*** ✓

c / t : ***3.8*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

c / b : *0.250*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *255.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *60.00* mm

c: Altura de los rigidizadores. **c** : *15.00* mm

t: Espesor. **t** : *4.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.700*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.000 m del nudo 0.000, 80.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(90°) H1.

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *22.32* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *31.87* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_{el}}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $\mathbf{W_{el}}$: *142.40* cm³

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *235.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.081*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 80.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(90°) H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *11.16* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{b,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{b,Rd}}$: *138.28* kN

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma. $\mathbf{h_w}$: *266.31* mm

$\mathbf{t}$: Espesor. $\mathbf{t}$: *4.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

$\mathbf{f_{bv}}$: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$\mathbf{f_{bv}}$: *136.30* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: *0.77*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_{yb} : *235.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 90.45 %

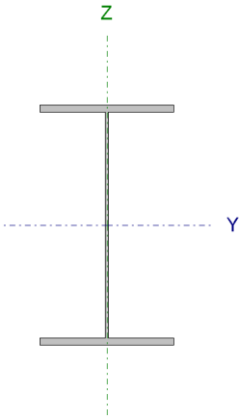
Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 80.000, 0.750
Coordenadas del nudo final: 0.000, 72.000, 0.750
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(90°) H1 a una distancia 4.000 m del origen en el primer vano de la correa.
(Iy = 1958 cm4) (Iz = 139 cm4)

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m²
Correas de cubierta	56	842.39	0.10
Correas laterales	30	428.56	0.05

2.2. Comprobaciones de pilar intermedio

Barra N16/N17

Perfil: PVS-500x30x15 (H:900/2500)x15x500x30 (Canto 900.0 / 2500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N16	N17	21.000	426.00	641988.00	62523.63	994.50

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N16)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.40	0.00	0.00
L_K	14.700	29.400	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 98.35 m-1
Temperatura máx. de la barra: 348.0 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N16/N17	x: 19.74 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 1.851 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 19.74 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 18.9$	x: 0 m $\eta = 70.4$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 29.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 84.8$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.2$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 84.8$**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N16/N17	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 14.0$	x: 0 m $\eta = 46.3$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 19.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 56.8$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 19.0$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 56.8$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.35*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *411.64* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *6001.24* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *153242.29* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *6001.24* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *6390785.61* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*62568.62*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1174.48*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*954186993.90*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*29.400*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*14.700*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*98.44*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*97.96*	cm
	i_z :	*9.69*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

66.00 ≤ 236.54 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*989.99*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*148.50*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 19.740 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *105.57* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *16807.96* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *665.98* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.072*** ✓

η : ***0.189*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *716.14* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *9970.55* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *395.06* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *3788.42* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *395.06* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.71*

χ_z : *0.38*

Siendo:

ϕ_y : *0.95*

ϕ_z : *1.65*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.82*

$\bar{\lambda}_z$: *1.32*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : *5996.92* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: *15393.99* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: *5996.92* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.704*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^+ : *955.89* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^- : *2787.20* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *3961.37* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,y}$: *15696.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)
Se debe satisfacer:

η : ***0.022*** ✓

Para flexión positiva:
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *18.50* kN·m

Para flexión negativa:
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *21.53* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *958.35* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3797.25* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)
Se debe satisfacer:

η : ***0.292*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *536.84* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *1835.97* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *126.00* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *840.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

56.00 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *56.00*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *65.92*

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.94*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.05* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *426.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *840.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

536.84 kN ≤ 917.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *536.84* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1835.97* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

1.05 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.05* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.775*** ✓

η : ***0.848*** ✓

η : ***0.640*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *716.14* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *2787.20* kN·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *4.25* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *10751.43* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$: *3961.37* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *958.35* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *426.00* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *15696.00* cm³; $W_{pl,z}$: *3797.25* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.06*

k_z : *1.26*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *1.00*; $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.69*; χ_z : *0.36*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_y$: *0.86*
$\bar{\lambda}_z$: *1.37*
α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

536.84 kN ≤ 917.83 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *536.84* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *1835.66* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.03* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *48.30* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *331.50* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.292*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *536.84* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *1835.66* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *1835.97* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.06* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *331.50* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.21* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *4370.63* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.06* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *331.50* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

2.3. Comprobaciones de jácena intermedia

2.3.1. Comprobaciones jácena intermedia (1)

Barra N108/N20

Perfil: PVS-500x30x15 (H:2500/1500)x15x500x30 (Canto 2500.0 / 1500.0 mm)
Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N108	N20	35.175	666.00	6391748.00	62568.63	1174.50

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N108)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	35.175	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 101.02 m-1
Temperatura máx. de la barra: 288.0 °C
Pintura intumescente: 0.8 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N108/N20	x: 35.175 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 35.175 m η = 1.8	x: 35.175 m η = 6.4	x: 0 m η = 55.3	x: 0 m η = 0.7	x: 0 m η = 17.0	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 62.4	x: 0 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 62.4**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N108/N20	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 35.175 m η = 4.0	x: 0 m η = 32.8	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 8.0	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 37.0	x: 0 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 37.0**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
- *N_t: Resistencia a tracción*
- *N_c: Resistencia a compresión*
- *M_Y: Resistencia a flexión eje Y*
- *M_Z: Resistencia a flexión eje Z*
- *V_Z: Resistencia a corte Z*
- *V_Y: Resistencia a corte Y*
- *M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *M_t: Resistencia a torsión*
- *M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.57*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *405.60* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *33405.58* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *33405.58* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *1994148.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*62540.50*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1062.00*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*337859416.13*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*35.175*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*63.13*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*62.17*	cm
	i_z :	*11.01*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$156.22 \leq 667.20 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*2343.36*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*351.50*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.018*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N20, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *233.86* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *13022.86* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *516.00* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.055*** ✓

η : ***0.064*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *559.00* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *10236.49* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *405.60* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *8733.44* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *405.60* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M1}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M1}}$: *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_{\mathbf{y}}$: *0.85*

Siendo:

$\phi_{\mathbf{y}}$: *0.72*

α: Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_{\mathbf{y}}$: *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.57*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *33405.58* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *33405.58* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.553*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *1256.65* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *6216.24* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *11243.46* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$W_{ef,y}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. **$W_{ef,y}$** : *44549.56* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)
No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)
Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

Para flexión positiva:
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^+ : *6.94* kN·m

Para flexión negativa:
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^- : *5.87* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *979.70* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: *3881.81* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.080*** ✓

η : ***0.170*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *407.66* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *5121.84* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *351.50* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *2343.36* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

156.22 < **65.92**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *156.22*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2400.74* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *71.71* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. d : *2343.36* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.20* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *4371.37* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *651.50* cm²

d: Altura del alma. **d** : *2343.36* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

407.66 kN ≤ 2560.92 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *407.66* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *5121.84* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.20 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.20* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.615*** ✓

η : ***0.624*** ✓

η : ***0.509*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *604.39* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *6216.24* kN·m

los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{z,Ed}^{+}$: *2.23* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *4*

$N_{u,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección eficaz. $N_{u,Rd}$: *10380.02* kN

$M_{0,Rd,y}$, $M_{0,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{0,Rd,y}$: *11243.46* kN·m; $M_{0,Rd,z}$: *631.62* kN·m

e_{Ny}, e_{Nz}: Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. e_{Ny} : *0.00* cm; e_{Nz} : *0.00* cm

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. A_{ef} : *411.28* cm²

$W_{ef,y}$, $W_{ef,z}$: Módulos resistentes de la sección eficaz correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{ef,y}$: *44549.56* cm³; $W_{ef,z}$: *2502.64* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.01*

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y}$: *1.00*; $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.95*; χ_z : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.33*; $\bar{\lambda}_z$: *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.80*; α_z : *1.00*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

407.66 kN ≤ **2560.92 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *407.66* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *5121.84* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.3.2. Comprobaciones jácena intermedia (2)

Barra N17/N108

Perfil: PVS-500x30x15 (H:2500/1500)x15x500x30 (Canto 2500.0 / 1500.0 mm)
Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N17	N108	5.025	661.29	6206983.48	62567.74	1170.97

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N17)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	5.025	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 101.02 m-1
Temperatura máx. de la barra: 288.0 °C
Pintura intumescente: 0.8 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N17/N108	x: 5.025 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.262 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.025 m η = 1.1	x: 1.262 m η = 5.9	x: 1.262 m η = 67.4	x: 5.025 m η = 0.4	x: 1.262 m η = 20.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.262 m η = 73.4	η < 0.1	x: 5.025 m η = 0.8	x: 1.262 m η = 9.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 73.4**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N17/N108	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 1.262 m η = 3.5	x: 1.262 m η = 40.1	x: 5.025 m η = 0.2	x: 1.262 m η = 9.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.262 m η = 43.7	η < 0.1	x: 5.025 m η = 0.4	x: 1.262 m η = 5.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 43.7**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.05*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *411.28* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *4788256.39* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *4788256.39* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *5833372.90* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *62565.91* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1163.63* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *881058662.37* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *5.025* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. — i_0 : *95.13* cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. — i_y : *94.62* cm; i_z : *9.80* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. — y_0 : *0.00* mm; z_0 : *0.00* mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

162.67 ≤ 680.82 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*2440.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*366.00*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

<u>Resistencia a tracción - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *187.89* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *16442.72* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *651.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.059*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *610.34* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10389.08* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *411.64* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. — $\bar{\lambda}$: *0.05*

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — $\mathbf{A_{ef}}$: *411.64* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $\mathbf{N_{cr}}$: *5246592.11* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $\mathbf{N_{cr,y}}$: *5246592.11* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.674*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *1595.46* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *7883.80* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *11699.75* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$W_{ef,y}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. $W_{ef,y}$: *46357.51* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *3.68* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *2.66* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *979.70* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *3881.81* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.091*** ✓

η : ***0.203*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *486.25* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *5333.07* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *366.00* cm²

Siendo:

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *2440.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

$$\mathbf{162.67} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

$\lambda_{\mathbf{w}}$: Esbeltez del alma. $\lambda_{\mathbf{w}}$: *162.67*

$\lambda_{\mathbf{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\mathbf{máx}}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $\mathbf{V_{b,Rd}}$, viene dado por:

$\mathbf{V_{b,Rd}}$: *2400.74* kN

Donde:

$\tau_{\mathbf{b}}$: Tensión tangencial crítica de abolladura. $\tau_{\mathbf{b}}$: *68.87* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. — $\bar{\lambda}_w$: *2.00*

ε: Factor de reducción. — ε : *0.94*

d: Altura del alma. — **d** : *2440.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. — $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.74* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. — $\mathbf{A_v}$: *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. — **A** : *666.00* cm²

d: Altura del alma. — **d** : *2440.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. — $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

486.25 kN ≤ **2666.53 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *486.25* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5333.07* kN

<u>Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.74 kN ≤ **2185.68 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.74* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.734*** ✓

η : ***0.734*** ✓

η : ***0.599*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *610.34* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *7883.80* kN·m; $M_{z,Ed}^{+}$: *0.67* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *4*

$N_{u,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección eficaz. — $N_{u,Rd}$: *10389.08* kN

$M_{0,Rd,y}$, $M_{0,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{0,Rd,y}$: *11699.75* kN·m; $M_{0,Rd,z}$: *631.65* kN·m

e_{Ny}, e_{Nz}: Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — e_{Ny} : *0.00* cm; e_{Nz} : *0.00* cm

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *411.64* cm²

$W_{ef,y}$, $W_{ef,z}$: Módulos resistentes de la sección eficaz correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{ef,y}$: *46357.51* cm³; $W_{ef,z}$: *2502.75* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *1.00*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *1.00*
χ_z : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.05*
$\bar{\lambda}_z$: *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.80*
α_z : *1.00*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

486.25 kN ≤ 2664.61 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *486.25* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *5329.22* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.46* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *56.52* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *387.88* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.091*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *486.25* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *5329.22* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *5333.07* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.26* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *391.50* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.55* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *4368.21* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.26* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *391.50* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

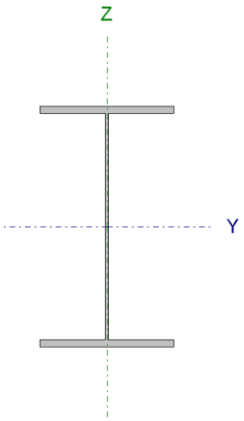
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

2.4. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada delantera

2.4.1. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada delantera (1)

Barra N16/N17

Perfil: PVS-500x30x15 (H:900/2500)x15x500x30 (Canto 900.0 / 2500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N16	N17	21.000	426.00	641988.00	62523.63	994.50

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N16)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.40	0.00	0.00
L_K	14.700	29.400	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 98.35 m-1
Temperatura máx. de la barra: 348.0 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N16/N17	x: 19.74 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 1.851 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 19.74 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 18.9$	x: 0 m $\eta = 70.4$	x: 0 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 29.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 84.8$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.2$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 84.8$**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N16/N17	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 14.0$	x: 0 m $\eta = 46.3$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 19.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 56.8$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 19.0$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 56.8$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.35*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *411.64* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *6001.24* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *153242.29* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *6001.24* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *6390785.61* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*62568.62*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1174.48*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*954186993.90*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*29.400*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*14.700*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*98.44*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*97.96*	cm
	i_z :	*9.69*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

66.00 ≤ 236.54 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*989.99*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*148.50*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 19.740 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *105.57* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *16807.96* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *665.98* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.072*** ✓

η : ***0.189*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *716.14* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *9970.55* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *395.06* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *3788.42* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *395.06* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.71*

χ_z : *0.38*

Siendo:

ϕ_y : *0.95*

ϕ_z : *1.65*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.82*

$\bar{\lambda}_z$: *1.32*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *5996.92* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *15393.99* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *5996.92* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.704*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *955.89* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *2787.20* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *3961.37* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *15696.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.022*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *18.50* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *21.53* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *958.35* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3797.25* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.292*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *536.84* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *1835.97* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *126.00* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *840.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

56.00 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *56.00*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.05* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *4371.37* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *426.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *840.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

536.84 kN ≤ 917.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *536.84* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1835.97* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

1.05 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.05* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.775*** ✓

η : ***0.848*** ✓

η : ***0.640*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	*716.14*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{-}$:	*2787.20*	kN·m
	$M_{z,Ed}^{-}$:	*4.25*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	*10751.43*	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	*3961.37*	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	*958.35*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*426.00*	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	*15696.00*	cm³
	$W_{pl,z}$:	*3797.25*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*252.38*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*265.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.06*

k_z : *1.26*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *1.00*

$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.69*
χ_z : *0.36*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.86*
$\bar{\lambda}_z$: *1.37*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

536.84 kN ≤ 917.83 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *536.84* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *1835.66* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.03* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *48.30* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *331.50* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.292*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *536.84* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *1835.66* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *1835.97* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.06* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *331.50* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.21* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *4370.63* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.06* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *331.50* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

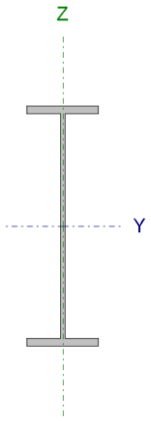
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

2.4.2. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada delantera (2)

Barra N95/N85

Perfil: HE 1000 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N95	N85	5.250	400.00	644700.00	16280.00	1254.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	3.675	3.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 80.60 m-1
Temperatura máx. de la barra: 301.5 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N95/N85	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0.275 m $\eta = 25.9$	x: 5.025 m $\eta = 24.0$	x: 5.025 m $\eta = 20.5$	x: 0.275 m $\eta = 8.9$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.025 m $\eta = 66.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 2.4$	$\eta = 1.1$	**CUMPLE $\eta = 66.1$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N95/N85	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0.275 m $\eta = 20.5$	x: 5.025 m $\eta = 12.9$	x: 5.025 m $\eta = 15.0$	x: 0.275 m $\eta = 4.4$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.025 m $\eta = 49.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	$\eta = 1.5$	$\eta = 0.7$	**CUMPLE $\eta = 49.8$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.63*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *370.25* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *24983.81* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *989377.49* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *24983.81* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *644700.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *16280.00* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1254.00* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *37640000.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *3.675* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.675* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*40.65*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*40.15*	cm
	i_z :	*6.38*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

48.84 ≤ 303.76 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*928.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*19.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*176.32*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*108.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.214*** ✓

η : ***0.259*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *1996.66* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *9344.44* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *7694.67* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *370.25* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.82*

Siendo:

ϕ_y : *0.49*

ϕ_z : *0.77*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.10*

$\bar{\lambda}_z$: *0.63*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *24983.81* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *989377.49* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *24983.81* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.240*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.025 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *900.11* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.025 m del nudo N95, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *660.45* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *3750.38* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *14860.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.205*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.025 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *88.65* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.025 m del nudo N95, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *17.43* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *433.09* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *1716.00* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.089*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *275.19* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3095.51* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *212.44* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *1000.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *19.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

45.68 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *45.68*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *37.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3259.29* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *223.68* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *400.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *928.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *19.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

275.19 kN ≤ 1547.76 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *275.19* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *3095.51* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

37.01 kN ≤ 1629.65 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *37.01* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3259.29* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.612*** ✓

η : ***0.640*** ✓

η : ***0.661*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.025 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *1930.85* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *385.87* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$: *82.67* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y **Clase** : *3*

de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$\mathbf{N_{pl,Rd}}$:	*10095.24*	kN
$\mathbf{M_{el,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{el,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{el,Rd,y}}$:	*3254.20*	kN·m
	$\mathbf{M_{el,Rd,z}}$:	*273.92*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*400.00*	cm²
$\mathbf{W_{el,y}}$, $\mathbf{W_{el,z}}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{W_{el,y}}$:	*12894.00*	cm³
	$\mathbf{W_{el,z}}$:	*1085.33*	cm³
$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero.	$\mathbf{f_{yd}}$:	*252.38*	MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$\mathbf{f_y}$:	*265.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$\mathbf{k_y}$:	*1.00*	
$\mathbf{k_z}$:	*1.09*	

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$\mathbf{C_{m,y}}$:	*1.00*	
	$\mathbf{C_{m,z}}$:	*1.00*	
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	*1.00*	
	χ_z :	*0.81*	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	*0.10*	
	$\bar{\lambda}_z$:	*0.65*	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	*0.80*	
	α_z :	*1.00*	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

275.19 kN ≤ 1546.45 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *275.19* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *3092.89* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.16* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *50.76* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.33* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.024*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *74.98* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.11* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *3092.89* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *3095.51* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.31* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.33* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *34.29* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.11* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *3256.53* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *3259.29* kN

$\tau_{\mathbf{T,Ed}}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{\mathbf{T,Ed}}$: *0.31* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.33* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

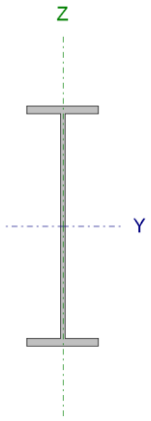
$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

2.4.3. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada delantera (3)

Barra N58/N95

Perfil: HE 1000 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N58	N95	5.250	400.00	644700.00	16280.00	1254.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	3.675	3.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 80.60 m-1
Temperatura máx. de la barra: 301.5 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N58/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 21.0$	x: 0 m $\eta = 52.9$	x: 0 m $\eta = 20.4$	x: 0 m $\eta = 17.2$	$\eta = 1.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 79.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	$\eta = 2.4$	$\eta = 1.0$	**CUMPLE $\eta = 79.2$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N58/N95	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 17.8$	x: 0 m $\eta = 24.8$	x: 0 m $\eta = 15.1$	x: 0 m $\eta = 7.8$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 48.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 1.5$	$\eta = 0.7$	**CUMPLE $\eta = 48.5$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.63*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *370.25* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *24983.81* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *989377.49* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *24983.81* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *644700.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *16280.00* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1254.00* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *37640000.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *3.675* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.675* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*40.65*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*40.15*	cm
	i_z :	*6.38*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$48.84 \leq 303.76 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*928.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*19.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*176.32*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*108.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	E :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.173*** ✓

η : ***0.210*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *1616.69* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *9344.44* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *7694.67* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.82*

Siendo:

ϕ_y : *0.49*

ϕ_z : *0.77*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.10*

$\bar{\lambda}_z$: *0.63*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *24983.81* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: *989377.49* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *24983.81* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

<u>Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.529*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *1833.94* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *1984.08* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *3750.38* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,y}$: *14860.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.204*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : *16.70* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : *88.26* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *433.09* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *1716.00* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.172*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *532.20* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3095.51* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *212.44* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *1000.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *19.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

45.68 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *45.68*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)
Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *35.02* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3259.29* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *223.68* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *400.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *928.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *19.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

532.20 kN ≤ 1547.76 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *532.20* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *3095.51* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

35.02 kN ≤ 1629.65 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *35.02* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3259.29* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.792*** ✓

η : ***0.758*** ✓

η : ***0.631*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *1592.03* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *1984.08* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *45.43* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *10095.24* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *3750.38* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *433.09* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *400.00* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *14860.00* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *1716.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$\mathbf{k_z}$: *1.14*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*; $\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *1.00*; χ_z : *0.81*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *0.10*; $\bar{\lambda}_z$: *0.65*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

532.20 kN ≤ 1546.58 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *532.20* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *3093.17* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.27* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$M_{T,Rd}$: *50.76* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *348.33* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.024*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *74.99* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *3093.17* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *3095.51* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.28* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *348.33* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.010*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *34.14* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *3256.82* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *3259.29* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.28* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.33* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

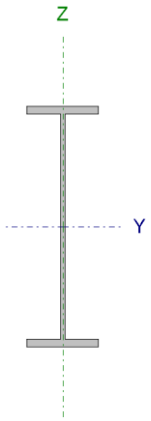
$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

2.5. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada trasera

2.5.1. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada trasera (1)

Barra N155/N5

Perfil: HE 1000 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N155	N5	14.500	400.00	644700.00	16280.00	1254.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.00	0.00	0.00
L_K	10.150	14.500	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 80.60 m-1
Temperatura máx. de la barra: 301.5 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N155/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 14.223 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 10.5$	x: 0 m $\eta = 10.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 14.225 m $\eta = 1.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P.(3)	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	**CUMPLE η = 13.2**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N155/N5	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 4.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	x: 14.225 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 9.6**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.73*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *3275.23* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *63553.68* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *3275.23* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*644700.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*16280.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1254.00*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*37640000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*14.500*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*10.150*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*40.65*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*40.15*	cm
	i_z :	*6.38*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

48.84 ≤ 303.76 ✓

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma.	$\mathbf{h_w}$:	*928.00*	mm
$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma.	$\mathbf{t_w}$:	*19.00*	mm
$\mathbf{A_w}$: Área del alma.	$\mathbf{A_w}$:	*176.32*	cm²
$\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida.	$\mathbf{A_{fc,ef}}$:	*108.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
$\mathbf{f_{vf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida.	$\mathbf{f_{vf}}$:	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 14.223 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *53.16* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *10095.24* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	*400.00*	cm²
$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero.	$\mathbf{f_{vd}}$:	*252.38*	MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$\mathbf{f_v}$:	*265.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	*1.05*	

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.028*** ✓

η : ***0.105*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *265.00* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *9344.44* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *2519.82* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.95*

χ_z : *0.27*

Siendo:

ϕ_y : *0.60*

ϕ_z : *2.26*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.39*

$\bar{\lambda}_z$: *1.73*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$\mathbf{N_{cr}}$: *3275.23* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$\mathbf{N_{cr,y}}$: *63553.68* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$\mathbf{N_{cr,z}}$: *3275.23* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.100*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *166.38* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *376.53* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *3750.38* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *14860.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 14.225 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *43.95* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3095.51* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *212.44* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *1000.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *19.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

45.68 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *45.68*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

9.35 kN ≤ 1547.76 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *9.35* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *3095.51* kN

<u>Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<u>Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.118*** ✓

η : ***0.119*** ✓

η : ***0.132*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *182.88* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^{-}$: *375.01* kN·m

$M_{z,Ed}^{+}$: *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *10095.24* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *3750.38* kN·m
$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *433.09* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *400.00* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.
$\mathbf{W_{pl,y}}$: *14860.00* cm³
$\mathbf{W_{pl,z}}$: *1716.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$\mathbf{k_z}$: *1.10*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.
$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*
$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.
χ_y : *0.95*
χ_z : *0.25*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.
$\bar{\lambda}_y$: *0.41*
$\bar{\lambda}_z$: *1.80*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.
α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

9.35 kN ≤ 1547.76 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed,z}}$:	*9.35*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$:	*3095.51*	kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

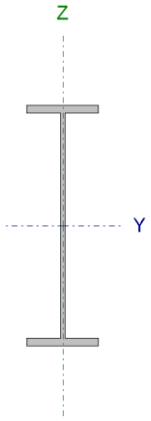
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.5.2. Comprobaciones de pilar interior pórtico de fachada trasera (2)

Barra N144/N155

Perfil: HE 1000 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N144	N155	10.500	400.00	644700.00	16280.00	1254.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.00	0.00	0.00
L_K	7.350	10.500	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 80.60 m-1
Temperatura máx. de la barra: 301.5 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N144/N155	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 23.9$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 4.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 26.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.9$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 26.0$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N144/N155	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 12.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 12.2$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.25*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *370.25* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *6245.95* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *121198.74* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *6245.95* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*644700.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*16280.00*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1254.00*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*37640000.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*10.500*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*7.350*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*40.65*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*40.15*	cm
	i_z :	*6.38*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$48.84 \leq 303.76 \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*928.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*19.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*176.32*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*108.00*	cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

$\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. $\mathbf{f_{yf}}$: *265.00* MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.036*** ✓

η : ***0.080*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *337.37* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *9344.44* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *370.25* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *4205.27* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — $\mathbf{A_{ef}}$: *370.25* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M1}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{\mathbf{M1}}$: *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.98*

χ_z : *0.45*

Siendo:

ϕ_y : *0.55*

ϕ_z : *1.46*

α: Coeficiente de imperfección elástica. — α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.28*

$\bar{\lambda}_z$: *1.25*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $\mathbf{N_{cr}}$: *6245.95* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $\mathbf{N_{cr,y}}$: *121198.74* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $\mathbf{N_{cr,z}}$: *6245.95* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.239*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *705.79* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *896.47* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *3750.38* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *14860.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *4.90* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *4.95* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *433.09* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *1716.00* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.049*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *150.96* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3095.51* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *212.44* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. h : *1000.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *19.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

45.68 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *45.68*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.85* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3259.29* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *223.68* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *400.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *928.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *19.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

150.96 kN ≤ 1547.76 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *150.96* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *3095.51* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

0.85 kN ≤ 1629.65 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.85* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *3259.29* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.259*** ✓

η : ***0.260*** ✓

η : ***0.192*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N144, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *210.42* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *894.34* kN·m; $M_{z,Ed}^{-}$: *0.01* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *10095.24* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$: *3750.38* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *433.09* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *400.00* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$: *14860.00* cm³; $W_{pl,z}$: *1716.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.07*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *1.00*; $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.98*; χ_z : *0.43*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *0.30*; $\bar{\lambda}_z$: *1.30*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

150.96 kN ≤ 1547.76 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *150.96* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *3095.51* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.04* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *50.76* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.33* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.049*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N144, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *150.92* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.04* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *3094.57* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *3095.51* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.11* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *348.33* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.82* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.04* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *3258.30* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *3259.29* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.11* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *348.33* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

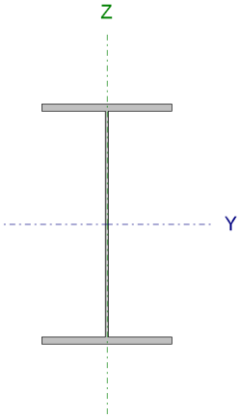
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

2.6. Comprobaciones pilar hastial

2.6.2. Comprobaciones pilar hastial (1)

Barra N62/N52

Perfil: PVS-500x30x15 (H:900/2500)x15x500x30 (Canto 900.0 / 2500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N62	N52	10.500	429.14	675343.54	62524.21	996.86

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N62)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.40	0.00	0.00
L_K	7.350	14.700	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 98.35 m-1
Temperatura máx. de la barra: 348.0 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N62/N52	x: 9.24 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 9.241 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.275 m η = 3.5	x: 0.275 m η = 1.8	x: 0.275 m η = 33.8	x: 5.655 m η = 3.8	η = 17.8	x: 9.242 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.275 m η = 37.5	η < 0.1	x: 0.275 m η = 0.5	x: 0.275 m η = 11.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 37.5**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N62/N52	x: 0.275 m η = 2.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0.275 m η = 25.7	x: 5.655 m η = 1.6	x: 0.275 m η = 9.7	x: 9.242 m η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.275 m η = 28.2	η < 0.1	x: 0.275 m η = 0.3	x: 0.275 m η = 8.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 28.2**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.67*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *411.64* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *24004.96* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *612969.15* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *24004.96* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *6390785.61* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*62568.62*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1174.48*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*954186993.90*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{kv} :	*14.700*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*7.350*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*98.44*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*97.96*	cm
	i_z :	*9.69*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

162.67 ≤ 680.82 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*2440.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*366.00*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.035*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *486.74* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *14057.36* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *556.99* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.013*** ✓

η : ***0.018*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *133.99* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *10295.87* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *407.95* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *7644.04* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *407.95* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M1}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M1}}$: *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_{\mathbf{v}}$: *1.00*

$\chi_{\mathbf{z}}$: *0.74*

Siendo:

$\phi_{\mathbf{v}}$: *0.52*

$\phi_{\mathbf{z}}$: *0.84*

α: Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_{\mathbf{v}}$: *0.34*

$\alpha_{\mathbf{z}}$: *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.20*

$\bar{\lambda}_z$: *0.67*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *23997.12* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *278926.00* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *23997.12* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.338*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *2800.68* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *587.01* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *8277.85* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *3*

$\mathbf{W_{el,y}}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. $\mathbf{W_{el,y}}$: *32799.03* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.038*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.655 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *16.47* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.655 m del nudo N62, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *36.65* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *976.94* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *3870.90* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.114*** ✓

η : ***0.178*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *427.12* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3744.65* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *256.99* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *1713.27* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

114.22 < **65.92**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *114.22*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2400.74* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *98.09* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.40*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. **d** : *1713.27* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.242 m del nudo N62, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.54* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *4371.37* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *666.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *2440.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

427.12 kN ≤ 1872.33 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *427.12* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *3744.65* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

7.11 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *7.11* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.375*** ✓

η : ***0.313*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*486.74*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{+}$:	*2800.68*	kN·m
	$M_{z,Ed}^{-}$:	*1.33*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*3*	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd}$:	*14057.36*	kN
$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{el,Rd,y}$:	*8277.85*	kN·m
	$M_{el,Rd,z}$:	*631.44*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$M_{ef,Ed}$:	*2571.39*	kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	*78.40*	MPa
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com}$:	*32799.03*	cm³
A: Área de la sección bruta.	**A** :	*556.99*	cm²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y}$:	*8277.85*	kN·m

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

427.12 kN ≤ 1869.97 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	*427.12*	kN
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	*3739.94*	kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.29* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *53.08* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *364.25* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.114*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N62, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *427.12* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.17* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *3739.94* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *3744.65* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.46* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *364.25* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.10* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.17* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *4365.87* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.46* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *364.25* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

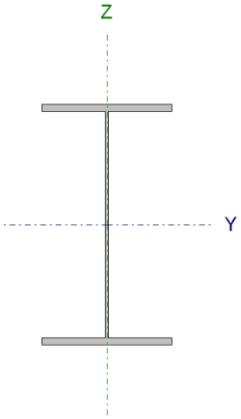
$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

2.5.2. Comprobaciones pilar hastial (2)

Barra N93/N62

Perfil: PVS-500x30x15 (H:900/2500)x15x500x30 (Canto 900.0 / 2500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N93	N62	5.250	429.14	675343.54	62524.21	996.86

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N93)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.40	0.00	0.00
L_K	3.675	7.350	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 98.35 m-1
Temperatura máx. de la barra: 348.0 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N93/N62	x: 4.973 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 4.975 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.275 m $\eta = 4.8$	x: 0.275 m $\eta = 4.4$	x: 4.975 m $\eta = 36.7$	x: 4.975 m $\eta = 5.0$	x: 0.275 m $\eta = 21.7$	x: 0.275 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.975 m $\eta = 41.5$	$\eta < 0.1$	x: 0.275 m $\eta = 0.7$	x: 0.275 m $\eta = 18.2$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE** **$\eta = 41.5$**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N93/N62	x: 0.275 m $\eta = 3.0$	x: 0.275 m $\eta = 0.1$	x: 4.975 m $\eta = 28.0$	x: 4.975 m $\eta = 2.3$	x: 0.275 m $\eta = 14.4$	x: 0.275 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.975 m $\eta = 31.3$	$\eta < 0.1$	x: 0.275 m $\eta = 0.4$	x: 0.275 m $\eta = 13.8$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE** **$\eta = 31.3$**

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.34*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *407.62* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *95986.54* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *1052994.84* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *95986.54* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*2744617.82*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*62546.93*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1087.71*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*451119307.79*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*7.350*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*3.675*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*71.42*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*70.62*	cm
	i_z :	*10.66*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\mathbf{111.25 \leq 563.02} \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.	h_w :	*1668.69*	mm
t_w: Espesor del alma.	t_w :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	A_w :	*250.30*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.048*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *594.28* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *12446.58* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *493.17* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.041*** ✓

η : ***0.044*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *417.75* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10192.48* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *403.85* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *9496.93* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *403.85* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.93*

Siendo:

ϕ_y : *0.50*

ϕ_z : *0.59*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.13*

$\bar{\lambda}_z$: *0.33*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *95970.11* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *602180.79* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *95970.11* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.367*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *2939.11* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *601.07* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *8015.74* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *3*

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. — $W_{el,y}$: *31760.46* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.050*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : *48.85* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : *42.33* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *970.12* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3843.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.182*** ✓

η : ***0.217*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *512.86* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *2814.67* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *193.17* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *1287.78* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

$$\mathbf{85.85} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *85.85*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2365.78* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *128.60* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.06*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. **d** : *1287.78* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *16.24* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *493.17* cm²

d: Altura del alma. **d** : *1287.78* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

512.86 kN ≤ 1407.34 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *512.86* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *2814.67* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

16.24 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *16.24* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.415*** ✓

η : ***0.361*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{t,Ed}$** : *416.63* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{+}$** : *2939.11* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *11.50* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *3*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. — **$N_{pl,Rd}$** : *13888.61* kN

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{el,Rd,y}$** : *8015.74* kN·m; **$M_{el,Rd,z}$** : *631.43* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **$M_{ef,Ed}$** : *2746.75* kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. — **$\sigma_{com,Ed}$** : *86.48* MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. — **$W_{y,com}$** : *31760.46* cm³

A: Área de la sección bruta. — **A** : *550.30* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. — **$M_{b,Rd,y}$** : *8015.74* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

512.86 kN ≤ 1406.36 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *512.86* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *2812.71* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.37* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *50.75* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.29* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.182*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *512.86* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.09* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *2812.71* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *2814.67* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.25* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.29* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.93* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.09* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *4368.32* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.25* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *348.29* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

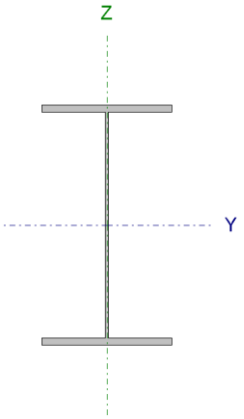
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

2.6.3. Comprobaciones pilar hastial (3)

Barra N93/N62

Perfil: PVS-500x30x15 (H:900/2500)x15x500x30 (Canto 900.0 / 2500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N93	N62	5.250	429.14	675343.54	62524.21	996.86

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N93)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	1.40	0.00	0.00
L_K	3.675	7.350	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 98.35 m-1
Temperatura máx. de la barra: 348.0 °C
Pintura intumescente: 0.6 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N93/N62	x: 4.973 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 4.975 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.275 m η = 4.8	x: 0.275 m η = 4.4	x: 4.975 m η = 36.7	x: 4.975 m η = 5.0	x: 0.275 m η = 21.7	x: 0.275 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.975 m η = 41.5	η < 0.1	x: 0.275 m η = 0.7	x: 0.275 m η = 18.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 41.5**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N93/N62	x: 0.275 m η = 3.0	x: 0.275 m η = 0.1	x: 4.975 m η = 28.0	x: 4.975 m η = 2.3	x: 0.275 m η = 14.4	x: 0.275 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.975 m η = 31.3	η < 0.1	x: 0.275 m η = 0.4	x: 0.275 m η = 13.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 31.3**

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.34*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *407.62* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *95986.54* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *1052994.84* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *95986.54* kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *2744617.82* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *62546.93* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1087.71* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *451119307.79* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *7.350* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.675* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*71.42*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*70.62*	cm
	i_z :	*10.66*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

111.25 ≤ 563.02 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*1668.69*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*250.30*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.048*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *594.28* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *12446.58* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *493.17* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.041*** ✓

η : ***0.044*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *417.75* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10192.48* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *403.85* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *9496.93* kN

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *403.85* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M1}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M1}}$: *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_{\mathbf{y}}$: *1.00*

$\chi_{\mathbf{z}}$: *0.93*

Siendo:

$\phi_{\mathbf{y}}$: *0.50*

$\phi_{\mathbf{z}}$: *0.59*

α: Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_{\mathbf{y}}$: *0.34*

$\alpha_{\mathbf{z}}$: *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_{\mathbf{y}}$: *0.13*

$\bar{\lambda}_{\mathbf{z}}$: *0.33*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *95970.11* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *602180.79* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — **$N_{cr,z}$** : *95970.11* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.367*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^{+}** : *2939.11* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **M_{Ed}^{-}** : *601.07* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *8015.74* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *3*

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3. — **$W_{el,y}$** : *31760.46* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.050*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *48.85* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *42.33* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *970.12* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3843.86* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.182*** ✓

η : ***0.217*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *512.86* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *2814.67* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *193.17* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *1287.78* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

85.85 < **65.92**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *85.85*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2365.78* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *128.60* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.06*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. **d** : *1287.78* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.24* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *4371.37* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *493.17* cm²

d: Altura del alma. **d** : *1287.78* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

<u>Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

512.86 kN ≤ 1407.34 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *512.86* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *2814.67* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

16.24 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.24* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.415*** ✓

η : ***0.361*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.975 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *416.63* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *2939.11* kN·m **$M_{z,Ed}^{-}$** : *11.50* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y **Clase** : *3*

de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a tracción. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *13888.61* kN

$\mathbf{M_{el,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{el,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{el,Rd,y}}$: *8015.74* kN·m $\mathbf{M_{el,Rd,z}}$: *631.43* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$\mathbf{M_{ef,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{ef,Ed}}$: *2746.75* kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed}$: *86.48* MPa

$\mathbf{W_{y,com}}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $\mathbf{W_{y,com}}$: *31760.46* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *550.30* cm²

$\mathbf{M_{b,Rd,y}}$: Momento flector resistente de cálculo. $\mathbf{M_{b,Rd,y}}$: *8015.74* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

512.86 kN ≤ 1406.36 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *512.86* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *2812.71* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.37* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *50.75* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.29* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.182*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *512.86* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.09* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *2812.71* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *2814.67* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.25* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.29* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.93* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.09* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *4368.32* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.25* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *348.29* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

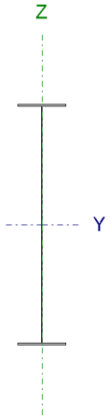
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

2.7. Comprobaciones jácena hastial

2.7.1. Comprobaciones jácena hastial (1)

Barra N65/N55

Perfil: PVS-500x30x15 (H:2500/1500)x15x500x30 (Canto 2500.0 / 1500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N65	N55	15.075	666.00	6391748.00	62568.63	1174.50

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N65)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	15.075	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 101.02 m-1
Temperatura máx. de la barra: 288.0 °C
Pintura intumescente: 0.8 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N65/N55	x: 15.075 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 15.075 m η = 1.4	x: 15.075 m η = 6.5	x: 0 m η = 17.3	x: 5.276 m η = 3.9	x: 0 m η = 5.5	x: 0 m η = 0.2	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 18.9	x: 0 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE** **η = 18.9**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N65/N55	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 15.075 m η = 4.2	x: 0 m η = 9.6	x: 4.522 m η = 1.8	x: 0 m η = 3.1	x: 0 m η = 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 12.7	x: 0 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE** **η = 12.7**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.24*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *405.60* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *181874.80* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *181874.80* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	*1994148.00*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*62540.50*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*1062.00*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*337859416.13*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	*15.075*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*63.13*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*62.17*	cm
	i_z :	*11.01*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y_0 :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

121.81 ≤ 589.15 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*1827.15*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*274.07*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *188.67* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *13022.86* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	*516.00*	cm²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{vd}** :	*252.38*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_y** :	*265.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M0}** :	*1.05*	

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.064*** ✓

η : ***0.065*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *650.40* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10236.49* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *405.60* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *10079.66* kN

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *405.60* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : *0.98*

Siendo:

ϕ_y : *0.54*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: *0.24*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *181874.80* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: *181874.80* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: ∞

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.173*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *914.13* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *1528.60* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *8813.05* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$\mathbf{W_{ef,y}}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. $\mathbf{W_{ef,y}}$: *34919.62* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.039*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.276 m del nudo N65, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *37.40* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.276 m del nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *31.13* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *970.44* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3845.16* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.033*** ✓

η : ***0.055*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *132.24* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3993.58* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *274.07* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *1827.15* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

$$\mathbf{121.81} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. — λ_w : *121.81*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. — $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. — ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. — f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2400.74* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. — τ_b : *91.97* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. — $\bar{\lambda}_w$: *1.50*

ε: Factor de reducción. — ε : *0.94*

d: Altura del alma. — **d** : *1827.15* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *9.37* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *4371.37* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *574.07* cm²

d: Altura del alma. **d** : *1827.15* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

132.24 kN ≤ 1996.79 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *132.24* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3993.58* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

9.37 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *9.37* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.189*** ✓

η : ***0.178*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{N_{t,Ed}}$:	*81.10*	kN
$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$:	*1528.60*	kN·m
	$\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$:	*7.79*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*3*	
$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a tracción.	$\mathbf{N_{pl,Rd}}$:	*14488.51*	kN
$\mathbf{M_{el,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{el,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{el,Rd,y}}$:	*8958.95*	kN·m
	$\mathbf{M_{el,Rd,z}}$:	*631.47*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$\mathbf{M_{ef,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{M_{ef,Ed}}$:	*-1488.48*	kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	*41.93*	MPa
$\mathbf{W_{y,com}}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$\mathbf{W_{y,com}}$:	*35497.72*	cm³
A: Área de la sección bruta.	**A** :	*574.07*	cm²
$\mathbf{M_{b,Rd,y}}$: Momento flector resistente de cálculo.	$\mathbf{M_{b,Rd,y}}$:	*8958.95*	kN·m

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

132.24 kN ≤ 1996.79 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed,z}}$:	*132.24*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$:	*3993.58*	kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.7.2. Comprobaciones jácena hastial (2)

Barra N83/N65

Perfil: PVS-500x30x15 (H:2500/1500)x15x500x30 (Canto 2500.0 / 1500.0 mm)
Material: Acero (S275)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N83	N65	10.050	666.00	6391748.00	62568.63	1174.50

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N83)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	10.050	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 101.02 m-1
Temperatura máx. de la barra: 288.0 °C
Pintura intumescente: 0.8 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N83/N65	x: 10.05 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 10.05 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 10.05 m $\eta = 17.2$	x: 10.05 m $\eta = 4.1$	x: 10.05 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 10.05 m $\eta = 19.7$	$\eta < 0.1$	x: 10.05 m $\eta = 0.7$	x: 10.05 m $\eta = 3.1$	$\eta = 0.1$	**CUMPLE $\eta = 19.7$**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N83/N65	x: 10.05 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 10.05 m $\eta = 9.5$	x: 10.05 m $\eta = 2.1$	x: 10.05 m $\eta = 3.5$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 10.05 m $\eta = 10.4$	$\eta < 0.1$	x: 10.05 m $\eta = 0.5$	x: 10.05 m $\eta = 1.9$	$\eta < 0.1$	**CUMPLE $\eta = 10.4$**

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.13*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *408.72* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *687346.14* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *687346.14* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *3349483.42* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *62551.39* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1105.55* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *539352683.54* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *10.050* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*77.09*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*76.38*	cm
	i_z :	*10.44*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

139.02 ≤ 629.38 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*2085.26*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*312.79*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *415.93* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *14488.51* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *574.07* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.059*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *611.64* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10351.70* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *410.16* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida. — $\bar{\lambda}$: *0.11*

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — $\mathbf{A_{ef}}$: *410.16* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $\mathbf{N_{cr}}$: *921262.38* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $\mathbf{N_{cr,y}}$: *921262.38* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.172*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *922.20* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *1515.01* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *8813.05* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$\mathbf{W_{ef,y}}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. $\mathbf{W_{ef,y}}$: *34919.62* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.041*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *39.51* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *33.28* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *972.37* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3852.78* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.044*** ✓

η : ***0.073*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *174.22* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3993.58* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *274.07* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *1827.15* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

$$\mathbf{121.81} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *121.81*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2400.74* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *91.97* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.50*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. **d** : *1827.15* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *5.99* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *612.79* cm²

d: Altura del alma. **d** : *2085.26* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

133.31 kN ≤ 2278.86 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *133.31* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4557.71* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

5.99 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *5.99* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.197*** ✓

η : ***0.197*** ✓

η : ***0.176*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	*546.24*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{+}$:	*922.20*	kN·m
	$M_{z,Ed}^{-}$:	*24.72*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*4*	
$N_{u,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección eficaz.	$N_{u,Rd}$:	*10315.38*	kN
$M_{0,Rd,y}$, $M_{0,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{0,Rd,y}$:	*8813.05*	kN·m
	$M_{0,Rd,z}$:	*631.47*	kN·m
e_{Ny}, e_{Nz}: Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	e_{Ny} :	*0.00*	cm
	e_{Nz} :	*0.00*	cm

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.	A_{ef} :	*408.72*	cm²
$W_{ef,y}$, $W_{ef,z}$: Módulos resistentes de la sección eficaz correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{ef,y}$:	*34919.62*	cm³
	$W_{ef,z}$:	*2502.06*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*252.38*	MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*265.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.00*

k_z : *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*
$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *1.00*
χ_z : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.13*
$\bar{\lambda}_z$: *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.80*
α_z : *1.00*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

133.31 kN ≤ 2273.31 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *133.31* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *4546.61* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.38* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *53.70* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *368.52* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.031*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N65, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *121.72* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.34* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *3983.60* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *3993.58* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.91* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *368.52* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *3.01* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.34* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *4360.72* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.89* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *378.20* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

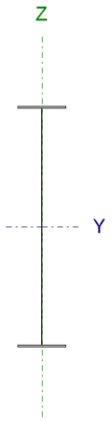
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

2.7.3. Comprobaciones jácena hastial (3)

Barra N59/N83

Perfil: PVS-500x30x15 (H:2500/1500)x15x500x30 (Canto 2500.0 / 1500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N59	N83	10.050	666.00	6391748.00	62568.63	1174.50

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N59)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	10.050	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 101.02 m-1
Temperatura máx. de la barra: 288.0 °C
Pintura intumescente: 0.8 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N59/N83	x: 10.05 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 10.05 m η = 3.4	x: 0 m η = 3.8	x: 0 m η = 10.6	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η = 6.7	x: 0 m η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 14.8	η < 0.1	x: 10.05 m η = 0.3	x: 0 m η = 3.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.8**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N59/N83	x: 10.05 m η = 2.2	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 7.5	x: 0 m η = 1.6	x: 0 m η = 3.8	x: 0 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 10.2	η < 0.1	x: 10.05 m η = 0.2	x: 0 m η = 2.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 10.2**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.11*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. $\mathbf{A_{ef}}$: *410.16* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *921262.38* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *921262.38* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *4489372.80* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *62558.65* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1134.59* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *699767180.72* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *10.050* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *86.19* cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *85.59* cm **i_z** : *10.10* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm **z_0** : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

156.22 ≤ 667.20 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *2343.36* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *15.00* mm

A_w: Área del alma. **A_w** : *351.50* cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *150.00* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.55*

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{vf}** : *265.00* MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.034*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *518.68* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *15465.62* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *612.79* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.038*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *396.35* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10380.02* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *411.28* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}$: *0.10*

Donde:

$\mathbf{A_{ef}}$: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — $\mathbf{A_{ef}}$: *411.28* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $\mathbf{N_{cr}}$: *1197064.10* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $\mathbf{N_{cr,y}}$: *1197064.10* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.106*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *146.69* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *1196.71* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *11243.46* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$\mathbf{W_{ef,y}}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. $\mathbf{W_{ef,y}}$: *44549.56* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.039*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *34.15* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *37.80* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *979.70* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *3881.81* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.031*** ✓

η : ***0.067*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *160.95* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *5121.84* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *351.50* cm²

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *2343.36* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *15.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

$$\mathbf{156.22} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *156.22*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $V_{b,Rd}$, viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *2400.74* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *71.71* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. **d** : *2343.36* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *6.66* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *651.50* cm²

d: Altura del alma. **d** : *2343.36* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

160.95 kN ≤ 2560.92 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *160.95* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5121.84* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

6.66 kN ≤ 2185.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *6.66* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.148*** ✓

η : ***0.092*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{t,Ed}$** : *510.43* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{-}$** : *1034.73* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *20.31* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *3*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. — **$N_{pl,Rd}$** : *16442.72* kN

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{el,Rd,y}$** : *12251.45* kN·m; **$M_{el,Rd,z}$** : *631.62* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — **$M_{ef,Ed}$** : *-730.47* kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. — **$\sigma_{com,Ed}$** : *15.05* MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. — **$W_{y,com}$** : *48543.49* cm³

A: Área de la sección bruta. — **A** : *651.50* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. — **$M_{b,Rd,y}$** : *12251.45* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

160.95 kN ≤ 2557.76 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *160.95* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *5115.51* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.17* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *55.11* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *378.20* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.031*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *160.95* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.17* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *5115.51* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *5121.84* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.45* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *387.88* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.01* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.17* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *4365.97* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *4371.37* kN

$\tau_{\mathbf{T,Ed}}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{\mathbf{T,Ed}}$: *0.45* MPa

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *387.88* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

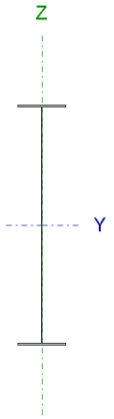
$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

2.7.4. Comprobaciones jácena hastial (4)

Barra N52/N59

Perfil: PVS-500x30x15 (H:2500/1500)x15x500x30 (Canto 2500.0 / 1500.0 mm)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas(1)			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(2) (cm4)	I_z(2) (cm4)	I_t(3) (cm4)
N52	N59	5.025	661.29	6206983.48	62567.74	1170.97

Notas:
(1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N52)
(2) Inercia respecto al eje indicado
(3) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	5.025	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 101.02 m-1
Temperatura máx. de la barra: 288.0 °C
Pintura intumescente: 0.8 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N52/N59	x: 5.025 m $\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 1.262 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.025 m η = 3.0	x: 1.262 m η = 0.7	x: 5.025 m η = 10.7	x: 5.025 m η = 4.5	x: 5.025 m η = 24.1	x: 5.025 m η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.025 m η = 16.4	η < 0.1	x: 5.025 m η = 1.1	x: 5.025 m η = 11.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 24.1**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N52/N59	x: 5.025 m η = 2.0	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 5.025 m η = 7.5	x: 5.025 m η = 1.8	x: 5.025 m η = 13.6	x: 4.398 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.025 m η = 11.0	η < 0.1	x: 5.025 m η = 0.6	x: 5.025 m η = 7.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 13.6**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

<u>Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente</u> (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.05*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *411.28* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *4788256.39* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *4788256.39* kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *5833372.90* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	**I_z** :	*62565.91*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	**I_t** :	*1163.63*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	**I_w** :	*881058662.37*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*81000*	MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	**L_{ky}** :	*5.025*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	**L_{kz}** :	*0.000*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	**L_{kt}** :	*0.000*	m
i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	**i_0** :	*95.13*	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	**i_y** :	*94.62*	cm
	i_z :	*9.80*	cm
y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	**y_0** :	*0.00*	mm
	z_0 :	*0.00*	mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

162.67 ≤ 680.82 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*2440.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*15.00*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*366.00*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*150.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.55*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** :	*265.00*	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.030*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *487.01* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *16442.72* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *651.50* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.262 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *72.64* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *10389.08* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *411.64* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

–

λ: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}$: *0.05*

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — A_{ef} : *411.64* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — N_{cr} : *5246592.11* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $N_{cr,y}$: *5246592.11* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $N_{cr,z}$: ∞

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.107*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *141.87* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *1206.52* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *11243.46* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *4*

$\mathbf{W_{ef,y}}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4. $\mathbf{W_{ef,y}}$: *44549.56* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.045*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *44.27* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *43.83* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *979.70* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *3881.81* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.113*** ✓

η : ***0.241*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *577.57* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5121.84* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *351.50* cm²

Siendo:

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *2343.36* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Dado que no se han dispuesto rigidizadores transversales, es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que no se cumple:

156.22 < **65.92**

Donde:

$\lambda_{\mathbf{w}}$: Esbeltez del alma. $\lambda_{\mathbf{w}}$: *156.22*

$\lambda_{\mathbf{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\mathbf{máx}}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

El esfuerzo cortante resistente del alma a abolladura por cortante $\mathbf{V_{b,Rd}}$, viene dado por:

$\mathbf{V_{b,Rd}}$: *2400.74* kN

Donde:

τ_b: Tensión tangencial crítica de abolladura. τ_b : *71.71* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez modificada, cuando sólo hay rigidizadores transversales en los apoyos. $\bar{\lambda}_w$: *1.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

d: Altura del alma. **d** : *2343.36* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *15.00* mm

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *9.08* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *4371.37* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *300.00* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta.	**A** : *651.50*	cm²
d: Altura del alma.	**d** : *2343.36*	mm
$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma.	$\mathbf{t_w}$: *15.00*	mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$\mathbf{f_y}$: *265.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : *1.05*	

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

525.98 kN ≤ **2666.53 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *525.98* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5333.07* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

8.48 kN ≤ **2185.68 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *8.48* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *4371.37* kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.164*** ✓

η : ***0.123*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *376.64* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *1044.63* kN·m **$M_{z,Ed}^{-}$** : *35.22* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *3*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. **$N_{pl,Rd}$** : *16442.72* kN

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{el,Rd,y}$** : *12251.45* kN·m **$M_{el,Rd,z}$** : *631.62* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{ef,Ed}$** : *-820.13* kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. **$\sigma_{com,Ed}$** : *16.89* MPa

$\mathbf{W_{y,com}}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $\mathbf{W_{y,com}}$: *48543.49* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *651.50* cm²

$\mathbf{M_{b,Rd,y}}$: Momento flector resistente de cálculo. $\mathbf{M_{b,Rd,y}}$: *12251.45* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

525.98 kN ≤ 2661.49 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *525.98* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *5322.98* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.64* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *56.52* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *387.88* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.113*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N59, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *577.57* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.27* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *5112.07* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *5121.84* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.69* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *387.88* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.35* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.27* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *4363.10* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *4371.37* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.69* MPa

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *391.50* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

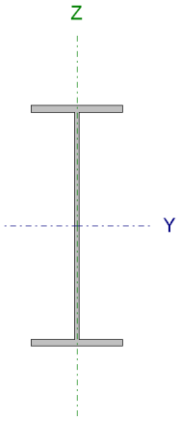
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

2.8. Comprobaciones viga perimetral lateral

Barra N17/N22

Perfil: IPE 550
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N17	N22	8.000	134.00	67120.00	2668.00	123.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 148.13 m-1
Temperatura máx. de la barra: 324.0 °C
Pintura intumescente: 1.0 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N17/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.5 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.8	η = 4.4	x: 4 m η = 1.6	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.5 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 4 m η = 13.3	x: 0.5 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	**CUMPLE η = 13.3**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N17/N22	η = 7.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 4 m η = 1.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.5 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 4 m η = 8.8	x: 0.5 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 8.8**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — **A_{ef}** : *125.98* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. — **N_{cr}** : ∞

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

46.45 ≤ 299.25 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. — **h_w** : *515.60* mm

t_w: Espesor del alma. — **t_w** : *11.10* mm

A_w: Área del alma. — **A_w** : *57.23* cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. — **$A_{fc,ef}$** : *36.12* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *265.00* MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.118*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *397.65* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *3381.90* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *134.00* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.044*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *138.72* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *3179.39* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *125.98* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.016*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.000 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *11.14* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *703.39* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *2787.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *5.57* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1048.04* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *71.93* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *550.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *11.10* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

42.13 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *42.13*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

4.88 kN ≤ 524.02 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.500 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed}}$:	*4.88*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd}}$:	*1048.04*	kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.133*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.000 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{N_{t,Ed}}$:	*397.65*	kN
$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$:	*11.14*	kN·m
	$\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$:	*0.00*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a tracción.	$\mathbf{N_{pl,Rd}}$:	*3381.90*	kN
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$:	*703.39*	kN·m
	$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$:	*101.20*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.500 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP.

4.88 kN ≤ 524.02 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *4.88* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *1048.04* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

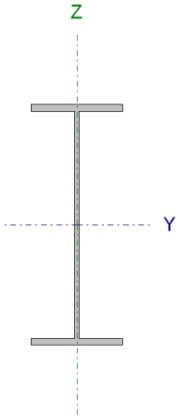
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.9. Comprobaciones viga perimetral de cumbrera

Barra N15/N20

Perfil: IPE 550
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N15	N20	8.000	134.00	67120.00	2668.00	123.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R 30
Factor de forma: 148.13 m-1
Temperatura máx. de la barra: 324.0 °C
Pintura intumescente: 1.0 mm

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N15/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 8.3$	$\eta = 12.6$	x: 0 m $\eta = 30.0$	x: 0 m $\eta = 1.1$	x: 8 m $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 41.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 41.9$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N15/N20	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	$\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 18.2$	x: 0 m $\eta = 0.5$	x: 8 m $\eta = 1.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 25.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE $\eta = 25.8$**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. — **A_{ef}** : *125.98* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. — **N_{cr}** : ∞

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

46.45 ≤ 299.25 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. — **h_w** : *515.60* mm

t_w: Espesor del alma. — **t_w** : *11.10* mm

A_w: Área del alma. — **A_w** : *57.23* cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. — **$A_{fc,ef}$** : *36.12* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *265.00* MPa
Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.083*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *282.26* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *3381.90* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *134.00* cm²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.126*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *401.25* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *3179.39* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *4*

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef}** : *125.98* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.300*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *210.95* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *54.40* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *703.39* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: *2787.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *1.13* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *1.14* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *101.20* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación **Clase** : *1*

y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *401.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.023*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *23.87* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1048.04* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *71.93* cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *550.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *11.10* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)
Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

42.13 < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *42.13*

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)
Se debe satisfacer:

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.14* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *1118.61* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *76.77* cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *134.00* cm²

d: Altura del alma. **d** : *515.60* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *11.10* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

12.73 kN ≤ 524.02 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *12.73* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1048.04* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

0.14 kN ≤ 559.30 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2+0.75·N(R)2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed}}$:	*0.14*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd}}$:	*1118.61*	kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.419*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{N_{c,Ed}}$:	*401.25*	kN
$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$:	*210.95*	kN·m
	$\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$:	*0.01*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$\mathbf{N_{pl,Rd}}$:	*3381.90*	kN
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$:	*703.39*	kN·m
	$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$:	*101.20*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

12.73 kN ≤ 524.02 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *12.73* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *1048.04* kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

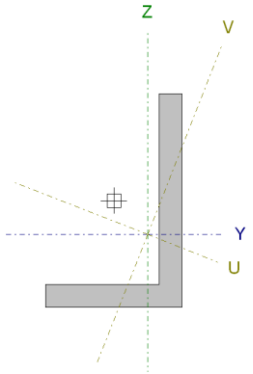
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.10. Comprobaciones cruz San Andrés cubierta

Barra N105/N55

Perfil: L 110 x 70 x 12
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_{vz} (4) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)	α (5) (grados)
N105	N55	17.066	20.30	241.50	75.54	77.14	9.68	17.10	-17.30	-21.5

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N105/N55	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 70.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	**CUMPLE η = 70.6**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.30* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.706*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *375.43* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *531.67* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.30* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

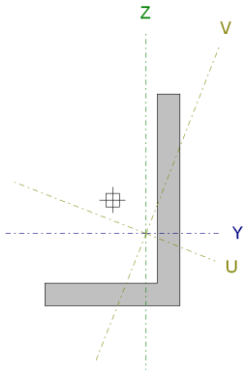
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.11. Comprobaciones cruz San Andrés fachadas laterales

Barra N51/N142

Perfil: L 110 x 70 x 12
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_{vz} (4) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)	α (5) (grados)
N51	N142	13.200	20.30	241.50	75.54	77.14	9.68	17.10	-17.30	-21.5

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N51/N142	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 61.8	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	**CUMPLE η = 61.8**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.30* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.618*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *328.77* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *531.67* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.30* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *261.90* MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

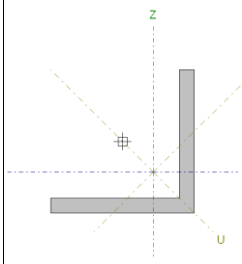
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.12. Comprobaciones cruz San Andrés fachada trasera parte superior

Barra N155/N156

Perfil: L 250 x 250 x 27
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_{vz} (4) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)	α (5) (grados)
N155	N156	15.662	127.70	7393.00	7393.00	4353.00	310.34	53.10	-53.10	-45.0

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N155/N156	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 14.75 m η = 1.8	x: 0.137 m η = 1.6	x: 7.444 m η = 12.5	x: 7.444 m η = 37.0	x: 14.75 m η = 0.8	x: 14.75 m η = 2.5	x: 0.138 m η < 0.1	x: 0.138 m η < 0.1	x: 7.444 m η = 50.9	x: 0.138 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 50.9**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *127.70* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. $\mathbf{N_{cr}}$: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.018*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 14.750 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *56.99* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *3222.90* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *127.70* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.016*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.137 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *51.96* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *3222.90* kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *127.70* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.125*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.444 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *24.07* kN·m

Para flexión negativa:

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *192.30* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *761.94* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.370*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.444 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *71.08* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.444 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *62.93* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *192.30* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *761.94* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 14.750 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *7.65* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *983.56* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *67.50* cm²

Siendo:

$\mathbf{h_{vert.}}$: Longitud del ala vertical. $\mathbf{h_{vert.}}$: *250.00* mm

t: Espesor de la chapa. **t** : *27.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.025*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 14.750 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *24.28* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *983.56* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *67.50* cm²

Siendo:

$\mathbf{h_{horz.}}$: Longitud del ala horizontal. $\mathbf{h_{horz.}}$: *250.00* mm

t: Espesor de la chapa. **t** : *27.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

7.02 kN ≤ **491.78 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.138 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *7.02* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *983.56* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

22.87 kN ≤ **491.78 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.138 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *22.87* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *983.56* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.509*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 7.444 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{N_{t,Ed}}$:	*44.77*	kN
$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$:	*24.07*	kN·m
	$\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$:	*71.08*	kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a tracción.	$\mathbf{N_{pl,Rd}}$:	*3222.90*	kN
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$:	*192.30*	kN·m
	$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$:	*192.30*	kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.138 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

22.87 kN ≤ 491.78 kN ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,v}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed,v}}$:	*22.87*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd,v}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd,v}}$:	*983.56*	kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3. Comprobaciones de las placas de anclaje

3.1. Placas de anclaje pilares interiores fachada delantera

1) Pilar HE 1000 B

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).
Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).
En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).
Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_\perp$: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{||}$: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_\perp$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{||}$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	13	2778	19.0	90.00
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva* *t: Espesor de piezas*					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\|\|}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia: -Placa base: Ancho X: 700 mm Ancho Y: 1400 mm Espesor: 50 mm -Pernos: 6Ø50 mm L=125 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x105x14.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 150 mm Calculado: 270 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 80 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.6	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 50 cm Calculado: 125 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 694.5 kN Calculado: 519.05 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 486.15 kN Calculado: 105.1 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 694.5 kN Calculado: 669.19 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 627.2 kN Calculado: 510.98 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 271.108 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 1309.52 kN Calculado: 95.57 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 95.2442 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 94.9547 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 203.767 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 186.205 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2135.56	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2137.41	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6242.3	Cumple

Referencia: -Placa base: Ancho X: 700 mm Ancho Y: 1400 mm Espesor: 50 mm -Pernos: 6Ø50 mm L=125 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x105x14.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Abajo:	Calculado: 6754.21	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 193.786 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.329		
- Punto de tensión local máxima: (0, 0.62)		

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).
Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).
En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).
Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_\perp$: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{||}$: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_\perp$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{||}$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).
En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	1400	14.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	1400	14.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	17	157	50.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\|\|}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	216.9	375.6	97.34	0.0	0.00	410.0	0.85

3.2. Placas de anclaje pilares interiores fachada trasera

1) Pilar HE 1000 B

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).
Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).
En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).
Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_\perp$: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{||}$: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_\perp$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{||}$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	13	2778	19.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:
-Placa base: Ancho X: 700 mm Ancho Y: 1400 mm Espesor: 50 mm
-Pernos: 6Ø50 mm L=110 cm Gancho a 180 grados
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x105x14.0)

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 150 mm Calculado: 270 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 80 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.6	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 50 cm Calculado: 110 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 611.16 kN Calculado: 558.82 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 427.81 kN Calculado: 33 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 611.16 kN Calculado: 605.96 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 627.2 kN Calculado: 526.56 kN	Cumple

Referencia: -Placa base: Ancho X: 700 mm Ancho Y: 1400 mm Espesor: 50 mm -Pernos: 6Ø50 mm L=110 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x105x14.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 270.31 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 1309.52 kN Calculado: 30.93 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 54.476 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 54.7122 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 210.777 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 199.052 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 8406.6	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 8406.6	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6247.75	Cumple
- Abajo:	Calculado: 6619.42	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 202.414 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.252 - Punto de tensión local máxima: (0, 0.62)		

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).
Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).
En el caso de uniones en T

- si a > 120° ⇒ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si a < 60° ⇒ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).
Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

siendo

β_w: coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u: resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_\perp$: tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{||}$: tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_\perp$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{||}$: tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).
En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	1400	14.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	1400	14.0	90.00

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	18	157	50.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\|\|}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	209.5	362.9	94.04	0.0	0.00	410.0	0.85

3.3. Placas de anclaje pilares exteriores

1) Placa de anclaje

Referencia:
-Placa base: Ancho X: 1000 mm Ancho Y: 1500 mm Espesor: 60 mm
-Pernos: 12Ø50 mm L=125 cm Gancho a 180 grados
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x105x20.0)

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 150 mm Calculado: 267 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 100 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 36.7	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 50 cm Calculado: 125 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 694.5 kN Calculado: 517.57 kN	Cumple

Referencia: -Placa base: Ancho X: 1000 mm Ancho Y: 1500 mm Espesor: 60 mm -Pernos: 12Ø50 mm L=125 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x105x20.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Cortante:	Máximo: 486.15 kN Calculado: 53.28 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 694.5 kN Calculado: 593.68 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 627.2 kN Calculado: 451.29 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 234.714 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 1571.43 kN Calculado: 46.61 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 52.8184 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 53.3005 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 255.611 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 255.629 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 3894.52	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 3704.51	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3157.3	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3157.08	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 163.873 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.273 - Punto de tensión local máxima: (0.25, -0.3)		

4. Comprobaciones de las cimentaciones

4.1. Zapatas pilares intermedios exteriores

Referencia: N36 Dimensiones: 560 x 560 x 135 Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø20c/23 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/23		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.105359 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.191295 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.211013 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 12643.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 53.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 436.15 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1942.20 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 169.91 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 834.44 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 148.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 135 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N36:	Mínimo: 125 cm Calculado: 126 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple

Referencia: N36 Dimensiones: 560 x 560 x 135 Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø20c/23 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/23		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 128 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 128 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 105 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 31 cm Calculado: 105 cm	Cumple

Referencia: N36 Dimensiones: 560 x 560 x 135 Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø20c/23 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/23		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 128 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 128 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 105 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 105 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.2. Zapatas pilares hastiales

Referencia: (N51 - N58) Dimensiones: 330 x 1360 x 200 Armados: Xi:Ø16c/10 Yi:Ø16c/10 Xs:Ø16c/10 Ys:Ø16c/10		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.085347 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0985905 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.185115 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 7.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 278.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 1765.49 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1794.44 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 796.87 kN	Cumple

Referencia: (N51 - N58) Dimensiones: 330 x 1360 x 200 Armados: Xi:Ø16c/10 Yi:Ø16c/10 Xs:Ø16c/10 Ys:Ø16c/10		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 229 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 200 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 125 cm	
- N51:	Calculado: 192 cm	Cumple
- N58:	Calculado: 192 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0006	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple

Referencia: (N51 - N58) Dimensiones: 330 x 1360 x 200 Armados: Xi:Ø16c/10 Yi:Ø16c/10 Xs:Ø16c/10 Ys:Ø16c/10		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 304 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 219 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 546 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 339 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.3. Zapatas pilares pórticos centrales junta de dilatación

Referencia: N26 Dimensiones: 345 x 690 x 135 Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø16c/10 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/23		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.118995 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.206304 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.237991 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X *(1)*		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* *(1) Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 59.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 258.08 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 2276.87 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 250.55 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 932.44 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 267.5 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 135 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N26:	Mínimo: 125 cm Calculado: 127 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple

Referencia: N26 Dimensiones: 345 x 690 x 135 Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø16c/10 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/23		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Calculado: 0.0025	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0015 Calculado: 0.0015	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0006 Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 23 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 163 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 170 cm	Cumple

Referencia: N26 Dimensiones: 345 x 690 x 135 Armados: Xi:Ø20c/23 Yi:Ø16c/10 Xs:Ø20c/23 Ys:Ø20c/23		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 27 cm Calculado: 170 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 165 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 27 cm Calculado: 170 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 170 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.4. Zapatas pilares interiores fachada trasera

Referencia: N159 Dimensiones: 510 x 510 x 120 Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0575847 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0385533 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.116935 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		

Referencia: N159 Dimensiones: 510 x 510 x 120 Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Reserva seguridad: 4312.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 5.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 180.68 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1386.59 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 80.83 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 835.13 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 82 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 120 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N159:	Mínimo: 110 cm Calculado: 111 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: N159 Dimensiones: 510 x 510 x 120 Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 127 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 127 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 31 cm Calculado: 92 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 92 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 127 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 127 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 92 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 92 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.5. Vigas de atado

Referencia: C.1 [N16-N21] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

4.6. Vigas centradoras

Referencia: VC.S-3.1 [N21-N26] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5Ø25 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 5Ø25 -Estribos: 1xØ8c/20

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 8 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 3.9 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 3.9 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 21.1 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 3.9 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 3.9 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 21.1 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: *Norma EHE-98. Artículo 44.2.3.4.1*	Mínimo: 3.83 cm²/m Calculado: 5.02 cm²/m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: *Norma EHE-98. Artículo 42.3.5*	Mínimo: 0.0033	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0102	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0102	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: *Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-98)*	Calculado: 24.54 cm²	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 4.01 cm²	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 4.6 cm²	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 59.17 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple

Referencia: VC.S-3.1 [N21-N26] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5Ø25 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 5Ø25 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
	Momento flector: -386.78 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: *El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares*	Mínimo: 102 cm Calculado: 103 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: *El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares*	Mínimo: 73 cm Calculado: 74 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: *El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares*	Mínimo: 33 cm Calculado: 34 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: *El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares*	Mínimo: 26 cm Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: *El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares*	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: *El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares*	Mínimo: 33 cm Calculado: 34 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 76.59 kN	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 25.0 mm (Cumple)		

ANEXO II

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
1.1	**m2 Desbroce y limpieza del terreno**								
Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.									
Desbronce y limpieza del terreno		1	100,00	100,00		10.000,00			
							10.000,00	0,73	7.300,00€
1.2	**m3 Excavación manual a cielo abierto**								
Excavación a cielo abierto en suelo de arcilla semidura, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión.									
Zapatas junta dilatación		2	6,90	6,90	1,35	128,55			
Zapatas rectangulares		4	3,30	13,60	2,00	359,04			
Zapatas laterales	16	5,60	5,60	1,35	677,38				
Zapatas fachada trasera		7	5,10	5,10	1,20	218,48			
Vigas atado	1	128,00	0,40	0,40	20,48				
Vigas centradoras	1	32,00	0,40	0,60	7,68				
							1.411,61	28,53	40.273,23€

TOTAL CAPÍTULO 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS ..... 47.573,23€

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 2 CIMENTACIONES									
2.1	**m3 Capa de hormigón de limpieza**								
	Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.								
	Zapatas junta dilatación	2	6,90	6,90	0,10	9,52			
	Zapatas rectangulares	4	3,30	13,60	0,10	17,95			
	Zapatas laterales 16	5,60	5,60	0,10	50,18				
	Zapatas fachada trasera	7	5,10	5,10	0,10	18,21			
	Vigas atado 1	128,00	0,40	0,10	5,12				
	Vigas centradoras 1	32,00	0,40	0,10	1,28				
							102,26	7,50	766,95€
2.2	**m3 Zapata de cimentación de hormigón armado.**								
	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.								
	Zapatas junta dilatación	2	6,90	6,90	1,35	128,55			
	Zapatas rectangulares	4	3,30	13,60	2,00	359,04			
	Zapatas laterales 16	5,60	5,60	1,35	677,38				
	Zapatas fachada trasera	7	5,10	5,10	1,20	218,48			
							1.383,45	141,73	196.076,37€
2.3	**m3 Viga de atado**								
	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 60 kg/m³, sin incluir encofrado.								
	Vigas de atado 1	128,00	0,40	0,40	20,48				
							20,48	150,06	3.073,23€
2.4	**m3 Viga centradora**								
	Viga centradora de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, cuantía 60 kg/m³, sin incluir encofrado.								
	Viga centradora 1	32,00	0,40	0,60	7,68				
							7,68	150,06	1.152,46€
2.5	**m2 Solera de hormigón**								
	Solera de hormigón armado de 30 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, extendido y vibrado manual, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 sobre separadores homologados.								
	Solera de hormigón	1	80,00	80,00		6.400,00			
							6.400,00	38,67	247.488,00€

TOTAL CAPÍTULO 2 CIMENTACIONES..... 448.557,01€

CÓDIGO	RESUMEN	PESO	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 3 ESTRUCTURA									
3.1	**kg Acero en pilares**								
Acero S275JR en pilares.									
PVS-500x30x15 H:900/2500mm		234448,05				234.448,05			
HE 1000 B	65469	65.469,00							
							299.917,05	2,13	638.823,32€
3.2	**kg Acero en vigas**								
Acero S275JR en vigas.									
PVS-500x30x15 H:2500/1500mm		447598,96				447.598,96			
HE 240 B	6656,8	6.656,80							
HE 450 B	26011,76	26.011,76							
HE 300 B	15722,71	15.722,71							
IPE 550	67742,36	67.742,36							
L 110x70x12	32203,68	32.203,68							
L 250x250x27	37626,7	37.626,70							
							633.562,97	2,13	1.349.489,13€

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.3	**ud Placa de anclaje con pernos soldados de 700x1400x50mm**								
Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 700x1400 mm y espesor 50 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 50 mm de diámetro y 125 cm de longitud total.									
Pilares interiores fachada delantera		2				2,00			
							2,00	587,36	1.174,72€
3.4	**ud Placa de anclaje con pernos soldados de 1000x1500x60mm**								
Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 1000x1500 mm y espesor 60 mm, con 12 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 50 mm de diámetro y 125 cm de longitud total.									
Pilares exteriores	24	24,00							
							24,00	1.042,59	25.022,16€
3.5	**ud Placa de anclaje con pernos soldados de 700x1400x40mm**								
Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 700x1400 mm y espesor 40 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 50 mm de diámetro y 110 cm de longitud total.									
Pilares interiores fachada trasera		9				9,00			
							9,00	416,23	3.746,07€

CÓDIGO	RESUMEN	PESO	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.6	**kg Acero en correas metálicas**								
Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series C o Z, galvanizado y colocado en obra con tornillos.									
Correas cubierta	842,39	80,00	67.391,20						
Correas laterales	428,56	80,00	34.284,80						
							101.676,00	2,61	265.374,36€

TOTAL CAPÍTULO 3 ESTRUCTURA ..... 2.283.629,76€

CÓDIGO	RESUME	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 4 CERRAMIENTOS Y CUBIERTA									
4.1	**m2 Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes, de acero**								
Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes de acero, de 30 mm de espesor y 1000 mm de ancho, alma aislante de poliuretano									
Area cubierta	2	80,00	40,20	6.432,00					
							6.432,00	27,27	175.400,64€
4.2	**m2 Cerramiento de fachada de paneles sándwich aislantes, de acero**								
Cerramiento de fachada con paneles sándwich aislantes, de 30 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formados por doble cara metálica de chapa lisa de acero, acabado galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m³, montados en posición vertical, con sistema de fijación oculto.									
Fachada delantera	2	5,00		21,00	210,00				
2		20,00		13,00	520,00				
Fachadas lateral izquierda		1	80,00		21,00	1.680,00			
Fachada lateral derecha		1	80,00		21,00	1.680,00			
Fachada trasera	1	80,00	25,00		2.000,00				
							6.090,00	43,70	266.133,00€

TOTAL CAPÍTULO 4 CERRAMIENTOS Y CUBIERTA..... 441.533,64€

CÓDIGO	RESUMEN	ÁREA	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE

CAPÍTULO 5 PINTURA

5.1 m2 Protección pasiva contra incendios con pintura intumescente

Protección pasiva contra incendios de estructura metálica con pintura intumescente y aplicación de una mano de imprimación selladora de dos componentes, a base de resinas epoxi y fosfato de zinc, color gris, hasta conseguir una resistencia al fuego de 30 minutos.

PVS-500x30x15 H:900/2500mm		3010,567				3.010,57			
PVS-500x30x15 H:2500/1500mm		5759,79				5.759,79			
HE 1000 B	659,277	659,28							
IPE 550	1235,063	1.235,06							
HE 450 B	314,944	314,94							
HE 300 B	238,843	238,84							
HE 240 B	113,6	113,60							
							11.332,08	27,96	316.844,96€

TOTAL CAPÍTULO 5 PINTURA ..... 316.844,96€

CAPÍTULO 6 CARPINTERÍA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE

6.1 ud Puerta de paso de acero galvanizado de dos hojas de 1440x2045mm

Puerta de paso de acero galvanizado de dos hojas, 1440x2045 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado, con rejillas de ventilación.

Fachada lateral izquierda		1				1,00			
							1,00	223,62	223,62€

6.2 ud Puerta de paso de acero galvanizado de una hoja de 700x1945mm

Puerta de paso de acero galvanizado de una hoja, 700x1945 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado, con rejillas de ventilación.

Fachada trasera	1	1,00							
							1,00	91,31	91,31€

6.3 m2 Puerta automática de lona para fachada delantera

Puerta de lona automática de apertura vertical Megadoor VL3190 con velocidad de apertura de entre 0,15 a 0,25 m/seg

Parte izquierda fachada delantera		1	20,00		10,50	210,00			
Parte derecha fachada delantera		1	20,00		10,50	210,00			
Parte central fachada delantera		1	30,00		23,50	705,00			
							1.125,00	400,00	450.000,00€

TOTAL CAPÍTULO 6 CARPINTERÍA ..... 450.314,93€

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 7 CONSULTORÍA									
7.1	**h Horas de trabajo**								
		500				500.00			
							500.00	6.00	3,000.00€
7.2	**ud Licencia CYPE Ingenieros**								
		1				1.00			
							1.00	1,200.00	1,200.00€
7.3	**ud Licencia SAP 2000**								
		1				1.00			
							1.00	1,200.00	1,200.00€
	TOTAL CAPÍTULO 7 CONSULTORÍA								**5,400.00€**
	TOTAL								**3,993,853.53€**

ANEXO III

PLIEGO DE CONDICIONES

1. Disposiciones Generales

1.1 DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

1.1.1.- Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.1.2.- Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.3.- Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.4.- Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada Contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.1.5.- Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación

del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

1.1.6.- Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

1.1.7.- Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.8.- Responsabilidad del Contratista

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.9.- Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

1.1.10.- Daños y perjuicios a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.11.- Anuncios y carteles

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.12.- Copia de documentos

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.13.- Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.14.- Hallazgos

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del Director de Obra.

El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.15.- Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

a) La muerte o incapacitación del Contratista.

b) La quiebra del Contratista.

c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.

b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.

d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.

e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.

f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.

g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.

h) El abandono de la obra sin causas justificadas.

i) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.16.- Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

1.2.- DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.2.1.- Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

1.2.2.- Replanteo

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.2.3.- Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se

realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.2.4.- Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.2.5.- Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.2.6.- Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.2.7.- Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.2.8.- Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.2.9.- Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.2.10.- Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

1.2.11.- Vicios ocultos

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director del Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.2.12.- Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.2.13.- Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.2.14.- Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.2.15.- Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el Director de Obra considere necesarios.

1.2.16.- Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.2.17.- Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atendrá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

1.3.- DISPOSICIONES DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS

1.3.1.- Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la L.O.E., y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.3.2.- Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.3.3.- Documentación final de la obra

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, en el caso de viviendas, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.3.4.- Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.3.5.- Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

1.3.6.- Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

1.3.7.- Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los

edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.3.8.- Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.3.9.- Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

2. Disposiciones Facultativas

2.1.- DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES DE LA EDIFICACIÓN

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

2.1.1.- El Promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de

las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

2.1.2.- El Proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

2.1.3.- El Constructor o Contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

2.1.4.- El Director de Obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

2.1.5.- El Director de la Ejecución de la Obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Arquitecto, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

2.1.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

2.1.7.- Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

2.2.- AGENTES QUE INTERVIENEN EN LA OBRA SEGÚN LEY 38/1999 (L.O.E.)

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

2.3.- AGENTES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD SEGÚN R.D. 1627/1997

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

2.4.- AGENTES EN MATERIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SEGÚN R.D. 105/2008

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

2.5.- LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

2.6.- VISITAS FACULTATIVAS

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

2.7.- OBLIGACIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo III de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

2.7.1.- El Promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios,

la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

2.7.2.- El Proyectista

Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán

aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Arquitecto y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Arquitecto y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

2.7.3.- El Constructor o Contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del RD 1627/97 de 24 de octubre.

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Arquitecto Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o lex artis, aún cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Arquitecto Técnico o Aparejador, Director de Ejecución Material de la Obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

2.7.4.- El Director de Obra

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el Promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el

Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al Arquitecto Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los Arquitectos Directores de Obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al Contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

2.7.5.- El Director de la Ejecución de la Obra

Corresponde al Arquitecto Técnico o Aparejador, según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pié de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del Director de Obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al Arquitecto o Arquitectos Directores de Obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el Contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (lex artis) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al Contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a la especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los Arquitectos Directores de Obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al Promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el Contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

Informar con prontitud a los Arquitectos Directores de Obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el Contratista, los Subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el Arquitecto Técnico, Director de la Ejecución de las Obras, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el

incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

2.7.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

2.7.7.- Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

2.7.8.- Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

2.8.- DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA: LIBRO DEL EDIFICIO

De acuerdo al Artículo 7 de la Ley de Ordenación de la Edificación, una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el **Libro del Edificio**, será entregada a los usuarios finales del edificio.

2.8.1.- Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

3. Disposiciones Económicas

3.1.- DEFINICIÓN

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

3.2.- CONTRATO DE OBRA

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

3.3.- CRITERIO GENERAL

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

3.4.- FIANZAS

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

3.4.1.- Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

3.4.2.- Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

3.4.3.- Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

3.5.- DE LOS PRECIOS

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

3.5.1.- Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

3.5.2.- Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.

- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

3.5.3.- Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

3.5.4.- Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

3.5.5.- Reclamación de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

3.5.6.- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

3.5.7.- De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

3.5.8.- Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

3.6.- OBRAS POR ADMINISTRACIÓN

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.

- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

3.7.- VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS

3.7.1.- Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

3.7.2.- Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

3.7.3.- Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al

abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

3.7.4.- Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

3.7.5.- Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

3.7.6.- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

3.8.- INDEMNIZACIONES MUTUAS

3.8.1.- Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

3.8.2.- Demora de los pagos por parte del Promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

3.9.- VARIOS

3.9.1.- Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

3.9.2.- Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

3.9.3.- Seguro de las obras

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

3.9.4.- Conservación de la obra

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

3.9.5.- Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor

No podrá el Contratista hacer uso de edificio o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

3.9.6.- Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

3.10.- RETENCIONES EN CONCEPTO DE GARANTÍA

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

3.11.- PLAZOS DE EJECUCIÓN: PLANNING DE OBRA

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

3.12.- LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

3.13.- LIQUIDACIÓN FINAL DE LA OBRA

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

4. Pliego de condiciones de las partidas

4.1. DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO

UNIDAD DE OBRA ADL005: DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Desbroce y limpieza del terreno, con medios **mecánicos**. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima **25** cm. Incluso transporte de la maquinaria, **retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución: **NTE-ADE. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Explanaciones**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Inspección ocular del terreno. Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar.

DEL CONTRATISTA.
Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga mecánica a camión.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

4.2. EXCAVACIÓN MANUAL A CIELO ABIERTO

UNIDAD DE OBRA ADE001: EXCAVACIÓN MANUAL A CIELO ABIERTO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Excavación de tierras a cielo abierto, **en suelo de arcilla semidura**, **con medios manuales**, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, **retirada de los materiales excavados y carga a camión**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos**.
- **NTE-ADV. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Vaciados**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar. Se dispondrá de la información topográfica y geotécnica necesaria, recogida en el correspondiente estudio geotécnico del terreno realizado por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, y que incluirá, entre otros datos: plano altimétrico de la zona, cota del nivel freático y tipo de terreno que se va a excavar a efecto de su trabajabilidad. Se dispondrán puntos fijos de referencia en lugares que puedan verse afectados por el vaciado, a los cuales se referirán todas las lecturas de cotas de nivel y desplazamientos horizontales y verticales de los puntos del terreno. Se comprobará el estado de conservación de los edificios medianeros y de las construcciones próximas que puedan verse afectadas por el vaciado.

DEL CONTRATISTA.
Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la

solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica. Notificará al Director de Ejecución de la obra, con la antelación suficiente, el comienzo de las excavaciones.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de las tierras excavadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
La excavación quedará limpia y a los niveles previstos, cumpliéndose las exigencias de estabilidad de los cortes de tierras, taludes y edificaciones próximas.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Las excavaciones quedarán protegidas frente a filtraciones y acciones de erosión o desmoronamiento por parte de las aguas de escorrentía. Se tomarán las medidas oportunas para asegurar que las características geométricas permanecen inamovibles.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el Director de Ejecución de la obra.

4.3. HORMIGÓN DE LIMPIEZA

UNIDAD DE OBRA CHH005: HORMIGÓN DE LIMPIEZA.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro de hormigón **HL-150/B/20**, **fabricado en central y vertido desde camión**, para formación de **capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación**, en el fondo de la excavación previamente realizada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón:
- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.

Ejecución:
- **CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos**.
- **CTE. DB-HS Salubridad**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará, visualmente o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del Proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno, se incorporará a la documentación final de obra. En particular, se debe comprobar que el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y, apreciablemente, la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico, que el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas, que el terreno presenta, apreciablemente, una resistencia y una humedad similares a la supuesta en el estudio geotécnico, que no se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc, y, por último, que no se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres. Una vez realizadas estas comprobaciones, se confirmará la existencia de los elementos enterrados de la instalación de puesta a tierra, y que el plano de apoyo del terreno es horizontal y presenta una superficie limpia.

AMBIENTALES.
Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
La superficie quedará horizontal y plana.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

4.4. ZAPATA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO

UNIDAD DE OBRA CSZ010: ZAPATA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con **hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión**, y acero **UNE-EN 10080 B 400 S**, con una cuantía aproximada de **50** kg/m³, sin incluir el encofrado en este precio. Incluso p/p de **elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra**, separadores, armaduras de espera del pilar y curado del hormigón.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón:
- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos**.
- **NTE-CSZ. Cimentaciones superficiales: Zapatas**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

AMBIENTALES.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

4.5. VIGA DE ATADO

UNIDAD DE OBRA CAV010: VIGA ENTRE ZAPATAS.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Formación de **viga de atado** de hormigón armado, realizada con **hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión**, y acero **UNE-EN 10080 B 400 S**, con una cuantía aproximada de **60** kg/m³, sin incluir el encofrado en este precio. Incluso p/p de **elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra**, separadores, **y curado del hormigón**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.

Ejecución: **CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

AMBIENTALES.
Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

4.6. VIGA CENTRADORA

UNIDAD DE OBRA CAV010: VIGA ENTRE ZAPATAS.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Formación de **viga centradora** de hormigón armado, realizada con **hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión**, y acero **UNE-EN 10080 B 400 S**, con una cuantía aproximada de **60** kg/m³, sin incluir el encofrado en este precio. Incluso p/p de **elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra**, separadores, **y curado del hormigón**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.

Ejecución: **CTE. DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

AMBIENTALES.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

4.7. SOLERA DE HORMIGÓN

UNIDAD DE OBRA ANS010: SOLERA DE HORMIGÓN.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Formación de solera **de hormigón en masa** de **30** cm de espesor, realizada con **hormigón HM-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido desde camión**, **sin tratamiento de su superficie**; apoyada sobre capa base existente (no incluida en este precio). **Incluso p/p de preparación de la superficie de apoyo del hormigón, extendido y vibrado del hormigón mediante regla vibrante, formación de juntas de construcción y colocación de un panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros, para la ejecución de juntas de dilatación; emboquillado o conexión de los elementos exteriores (cercos de arquetas, sumideros, botes sifónicos, etc.) de las redes de instalaciones ejecutadas bajo la solera; y curado del hormigón**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón: **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.

Ejecución: **NTE-RSS. Revestimientos de suelos: Soleras**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará que la superficie base presenta una planeidad adecuada, cumple los valores resistentes tenidos en cuenta en la hipótesis de cálculo, y no tiene blandones, bultos ni materiales sensibles a las heladas. El nivel freático no originará sobreempujes.

AMBIENTALES.
Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Preparación de la superficie de apoyo del hormigón, comprobando la densidad y las rasantes. Replanteo de las juntas de construcción y de dilatación. Tendido de niveles mediante toques, maestras de hormigón o reglas. Riego de la superficie base. Formación de juntas de construcción y de juntas perimetrales de dilatación. Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón. Aserrado de juntas de retracción.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
La superficie de la solera cumplirá las exigencias de planeidad y resistencia, y se dejará a la espera del solado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se protegerá el hormigón fresco frente a lluvias, heladas y temperaturas elevadas. No se superarán las cargas previstas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin deducir la superficie ocupada por los pilares situados dentro de su perímetro.

4.8. ACERO EN PILARES

UNIDAD DE OBRA EAS010: ACERO EN PILARES.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de acero laminado **UNE-EN 10025 S275JR**, en perfiles laminados en caliente, piezas **simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM**, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según **UNE-EN ISO 8501-1** y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero**.
- **UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero**.
- **NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES.
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.9. ACERO EN VIGAS

UNIDAD DE OBRA EAV010: ACERO EN VIGAS.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de acero laminado **UNE-EN 10025 S275JR**, en perfiles laminados en caliente, piezas **simples** de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para vigas y correas, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según **UNE-EN ISO 8501-1** y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero**.
- **UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero**.
- **NTE-EAV. Estructuras de acero: Vigas**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES.
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.10. PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS SOLDADOS 700x1400x50mm

UNIDAD DE OBRA EAS005: PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS SOLDADOS Y PREPARACIÓN DE BORDES.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni

con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de placa de anclaje de acero **UNE-EN 10025 S275JR** en perfil plano, de **700x1400** mm y espesor **50** mm, con **6** pernos soldados, de **acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S** de **50** mm de diámetro y **125** cm de longitud total. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero**.
- **UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero**.
- **NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES.
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.11. PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS SOLDADOS 1000x1500x60mm

UNIDAD DE OBRA EAS005: PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS SOLDADOS Y PREPARACIÓN DE BORDES.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de placa de anclaje de acero **UNE-EN 10025 S275JR** en perfil plano, de **1000x1500** mm y espesor **60** mm, con **12** pernos soldados, de **acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S** de **50** mm de diámetro y **110** cm de longitud total. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero**.
- **UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero**.
- **NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES.
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.12. PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS SOLDADOS 700x1400x40mm

UNIDAD DE OBRA EAS005: PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS SOLDADOS Y PREPARACIÓN DE BORDES.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de placa de anclaje de acero **UNE-EN 10025 S275JR** en perfil plano, de **700x1400** mm y espesor **40** mm, con **6** pernos soldados, de **acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S** de **50** mm de diámetro y **110** cm de longitud total. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero**.
- **UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero**.
- **NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES.
No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.13. ACERO EN CORREAS METÁLICAS

UNIDAD DE OBRA EAT030: ACERO EN CORREAS METÁLICAS.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de acero galvanizado **UNE-EN 10025 S235JRC**, en perfiles conformados en frío, piezas simples de las series C o Z, para formación de correas sobre las que se apoyará la chapa o panel que actuará como cubierta (no incluida en este precio), y quedarán fijadas a las cerchas mediante tornillos normalizados. Incluso p/p de accesorios y elementos de anclaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución:
- **CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero**.
- **UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL CONTRATISTA.
Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Resolución de sus fijaciones a las cerchas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.14. CUBIERTA INCLINADA DE PANELES SÁNDWICH AISLANTES, DE ACERO

UNIDAD DE OBRA QTM010: CUBIERTA INCLINADA DE PANELES SÁNDWICH AISLANTES, DE ACERO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de cobertura de faldones de cubiertas inclinadas, con una pendiente mayor del 10%, con **paneles sándwich aislantes de acero, de 30 mm de espesor y 1000 mm de ancho, formados por doble cara metálica de chapa estándar de acero, acabado prelacado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de lana de roca de densidad media 145 kg/m³, y accesorios**, fijados mecánicamente a cualquier tipo de correa estructural (no incluida en este precio). Incluso p/p de elementos de fijación, accesorios y juntas.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución: **CTE. DB-HS Salubridad**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

La naturaleza del soporte permitirá el anclaje mecánico de las placas, y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.

AMBIENTALES.
Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 1°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo de los paneles por faldón. Ejecución de juntas y perímetro. Fijación mecánica de los paneles.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
Serán básicas las condiciones de estanqueidad y el mantenimiento de la integridad de la cobertura frente a la acción del viento.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

4.15. FACHADA DE PANEL SÁNDWICH, AISLANTE, DE ACERO.

UNIDAD DE OBRA FLM010: FACHADA DE PANEL SÁNDWICH, AISLANTE, DE ACERO.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.
No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y montaje de cerramiento de fachada con **panel sándwich aislante para fachadas, de 30 mm de espesor y 1100 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa lisa de acero galvanizado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m³, con junta diseñada para fijación con tornillos ocultos, remates y accesorios**. Incluso replanteo, p/p de mermas, remates, cubrejuntas y accesorios de fijación y estanqueidad. Totalmente montado.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Ejecución: **CTE. DB HE Ahorro de energía**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m².

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará que la estructura portante presenta aplomado, planeidad y horizontalidad adecuados.

AMBIENTALES.
Se suspenderán los trabajos cuando llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Replanteo de los paneles. Colocación del remate inferior de la fachada. Colocación de juntas. Colocación y fijación del primer panel. Colocación y fijación del resto de paneles, según el orden indicado. Remates.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
El conjunto será resistente y estable frente a las acciones, tanto exteriores como provocadas por el propio edificio. La fachada será estanca y tendrá buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se protegerá durante las operaciones que pudieran ocasionarle manchas o daños mecánicos. Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.
CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m².

4.16. PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS DE ESTRUCTURA METÁLICA, CON PINTURA INTUMESCENTE.

UNIDAD DE OBRA IOJ026: PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS DE ESTRUCTURA METÁLICA, CON PINTURA INTUMESCENTE.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Formación de protección pasiva contra incendios de estructura metálica mediante la aplicación de **pintura intumescente, en emulsión acuosa monocomponente, color blanco, acabado mate liso**, hasta formar un espesor mínimo de **299** micras y conseguir una resistencia al fuego de **15** minutos. Incluso p/p de rascado de óxidos, limpieza superficial **y aplicación de una mano de imprimación selladora de dos componentes, a base de resinas epoxi y fosfato de zinc, color gris, con un rendimiento no menor de 0,125 l/m² (para un espesor mínimo de película seca de 50 micras)**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Superficie resultante del desarrollo de los perfiles metálicos que componen la estructura, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará que la superficie a pintar está seca y limpia de polvo y grasa.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Preparación y limpieza de la superficie soporte. Aplicación de una mano de imprimación. Aplicación de las manos de acabado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
Las capas aplicadas serán uniformes y tendrán adherencia entre ellas y con el soporte.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, resultante del desarrollo de los perfiles metálicos que componen la estructura.

4.17. PUERTA DE PASO DE ACERO GALVANIZADO UNA HOJA.

UNIDAD DE OBRA LPA010: PUERTA DE PASO DE ACERO GALVANIZADO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y colocación de **puerta de paso de una hoja de 38 mm de espesor, 700x1945 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado formada por dos chapas de acero galvanizado de**

0,5 mm de espesor con rejillas de ventilación troqueladas en la parte superior e inferior, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con garras de anclaje a obra. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada **por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio)**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Montaje: **NTE-PPA. Particiones: Puertas de acero**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará que las dimensiones del hueco y del cerco, así como el sentido de apertura, se corresponden con los de Proyecto.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Marcado de puntos de fijación y aplomado del cerco. Fijación del cerco al paramento. Sellado de juntas perimetrales. Colocación de la hoja. Colocación de herrajes de cierre y accesorios. Realización de pruebas de servicio.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
El conjunto será sólido. Las hojas quedarán aplomadas y ajustadas.

PRUEBAS DE SERVICIO.
Funcionamiento de puertas.
Normativa de aplicación: NTE-PPA. Particiones: Puertas de acero

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.
Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4.18. PUERTA DE PASO DE ACERO GALVANIZADO DOS HOJAS.

UNIDAD DE OBRA LPA010: PUERTA DE PASO DE ACERO GALVANIZADO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Suministro y colocación de **puerta de paso de dos hojas de 38 mm de espesor, 1440x2045 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado formada por dos chapas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor con rejillas de ventilación troqueladas en la parte superior e inferior, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con garras de anclaje a obra**. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada **por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio)**.

NORMATIVA DE APLICACIÓN
Montaje: **NTE-PPA. Particiones: Puertas de acero**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO
Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.
Se comprobará que las dimensiones del hueco y del cerco, así como el sentido de apertura, se corresponden con los de Proyecto.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.
Marcado de puntos de fijación y aplomado del cerco. Fijación del cerco al paramento. Sellado de juntas perimetrales. Colocación de la hoja. Colocación de herrajes de cierre y accesorios. Realización de pruebas de servicio.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.
El conjunto será sólido. Las hojas quedarán aplomadas y ajustadas.

PRUEBAS DE SERVICIO.
Funcionamiento de puertas.
Normativa de aplicación: NTE-PPA. Particiones: Puertas de acero

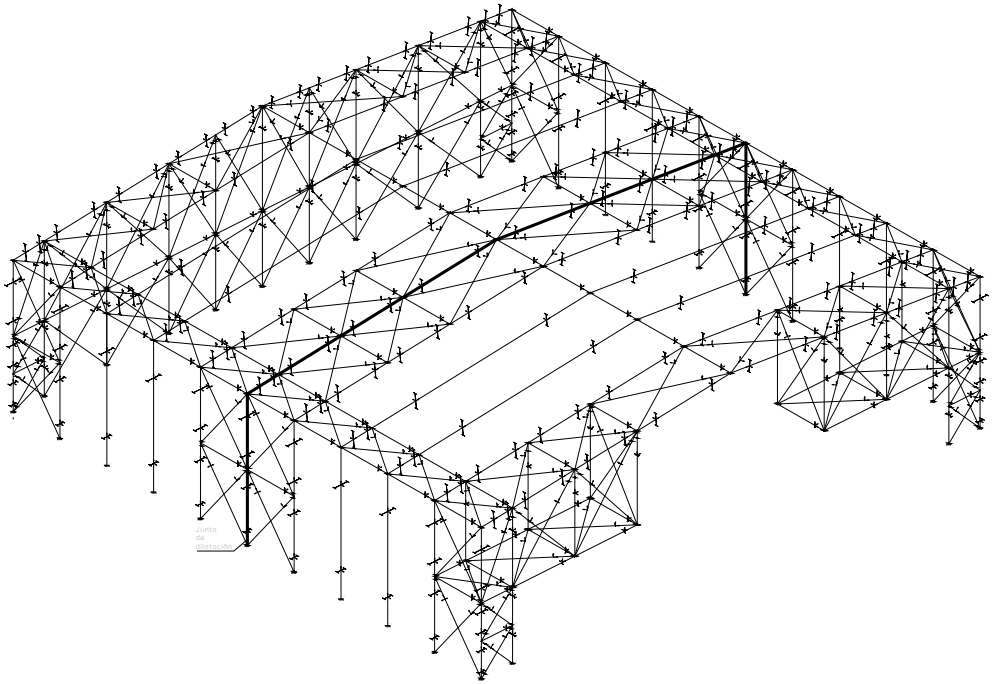
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO
Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

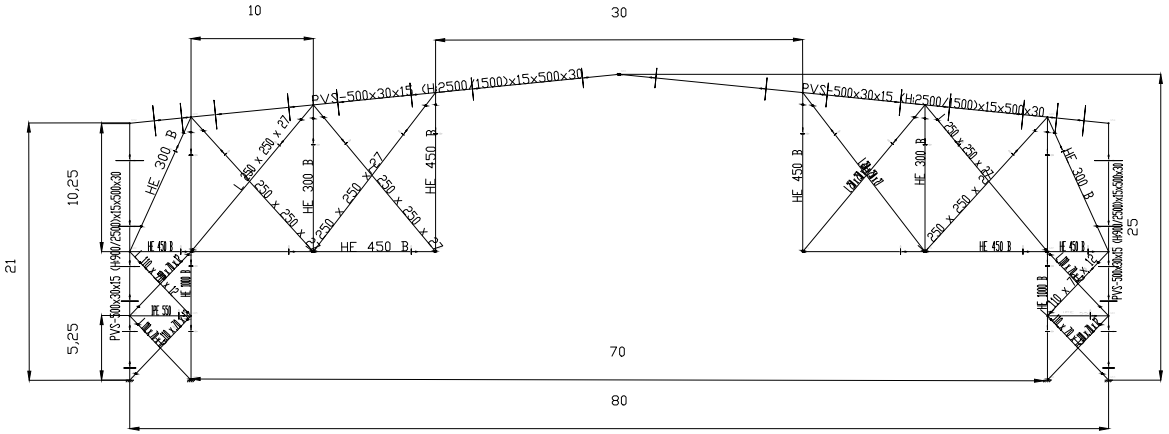
ANEXO IV

PLANOS



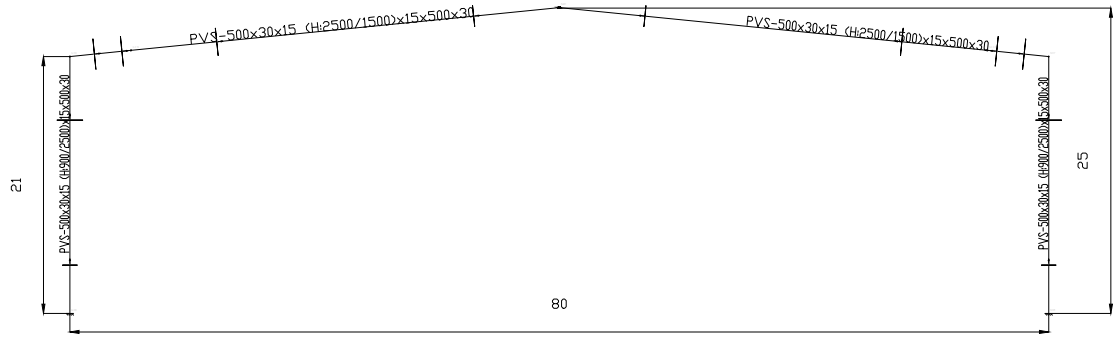
Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Hangar en 3D
Escala 1:500	Carlos Galarza García
Nº de plano: 01	Julio, 2016	Unidades: metros

UNIVERSITAT JAUME•I



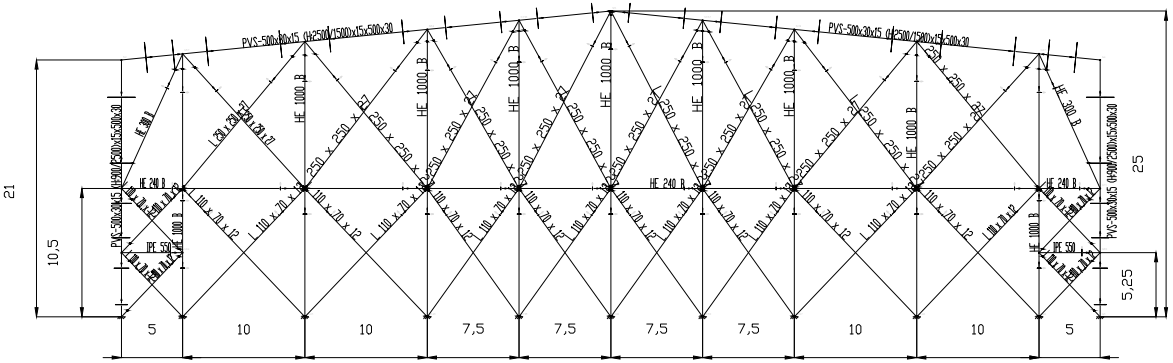
Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Pórtico fachada delantera
Escala 1:300	Carlos Galarza García
Nº de plano: 02	Julio, 2016
Unidades: metros	

UNIVERSITAT JAUME•I



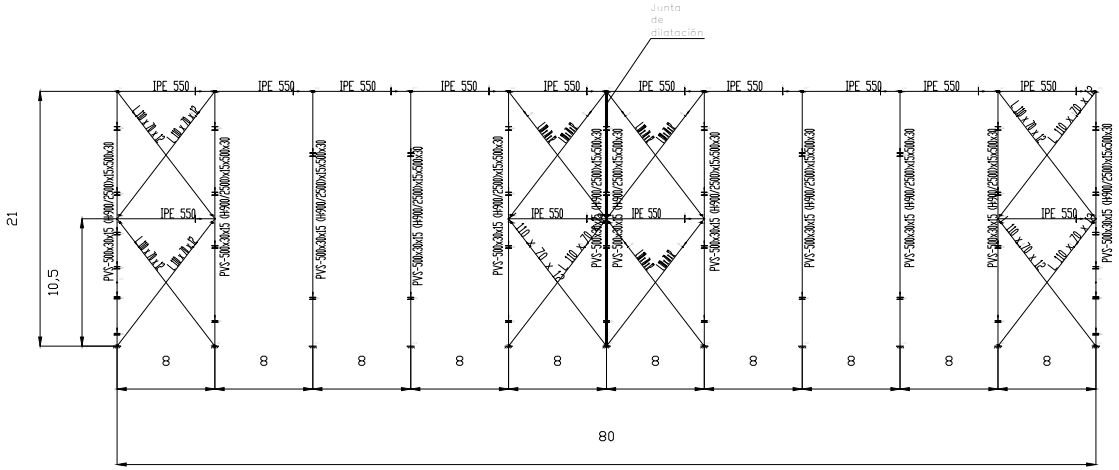
Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Pórtico intermedio
Escala 1:300	Carlos Galarza García
Nº de plano: 03	Julio, 2016	Unidades: metros

UNIVERSITAT JAUME•I



Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Pórtico fachada tarsera
Escala 1:300	Carlos Galarza García
Nº de plano: 04	Julio, 2016
Unidades: metros	

UNIVERSITAT JAUME•I

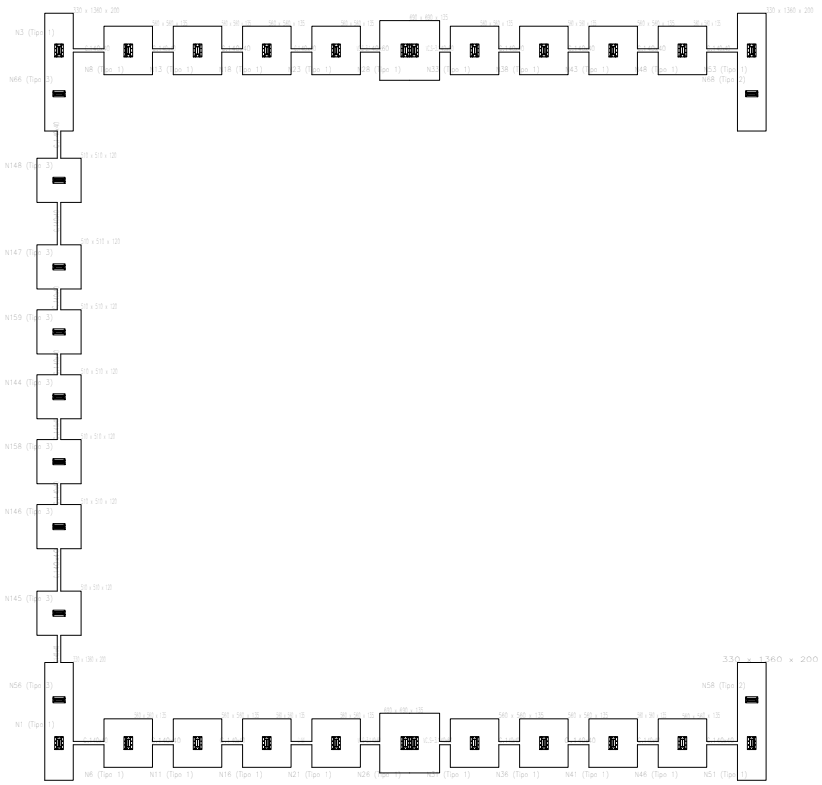


Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Fachada lateral
Escala 1:300	Carlos Galarza García
Nº de plano: 05	Julio, 2016
Unidades: metros	

UNIVERSITAT JAUME•I

Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Cubierta
Escala 1:200	Carlos Galarzo García
Nº de plano: 06	Julio, 2016
Unidades: metros	

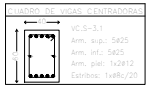
UNIVERSITAT JAUME•I



CUADRO DE VIGAS DE ATADO

C.1
Arm. sup.: 2ø12
Arm. inf.: 2ø12
Estribos: 1xø8c/30

CUADRO DE VIGAS CENTRADORAS



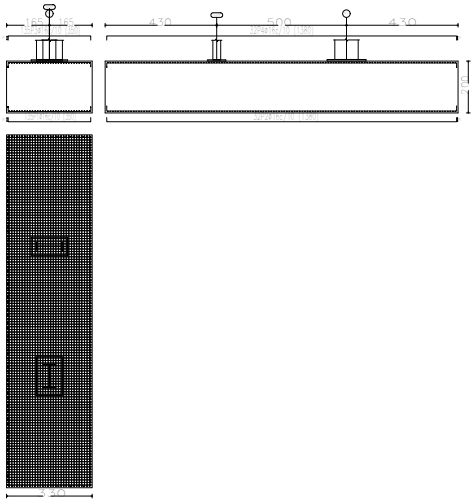
VC.S-3.1
Arm. sup.: 5ø25
Arm. inf.: 5ø25
Arm. piel: 1x2ø12
Estribos: 1xø8c/20

Resumen Acero Elemento, Viga y Placa de anclaje		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 400 S, CN	ø8	434.7	189	
	ø12	890.4	870	
	ø16	7775.2	13499	
	ø20	11902.0	32287	
	ø25	390.2	1654	48499

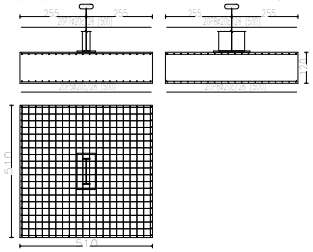
Cuadro de anclajes		
Referencias	Placa de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N41, N36, N31, N21, N16, N11, N13, N18, N23, N33, N38, N43, N1, N3, N53, N57, N44, N6, N8, N68, N26 y N28	12 Pernos ø 50	Placa base (1055x1055x40)
N145, N146, N158, N144, N159, N147, N148, N56, N66, N58 y N28	4 Pernos ø 50	Placa base (755x1405x50)

Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un Hangar usando perfiles metálicos de sección variable		
Plano	Cimentaciones		
Escala 1:200	Carlos Galarzo García		UNIVERSITAT JAUME•I
Nº de planos: 07	Julio, 2016	Unidades: centímetros	

Zapata combinada extremos (N1 – N56), (N3 – N66), (N53 – N68) y (N51 – N58)



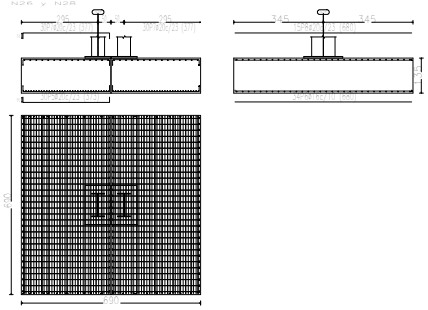
Zapatas pilares fachada trasera N145, N146, N158, N144, N159, N147 y N148



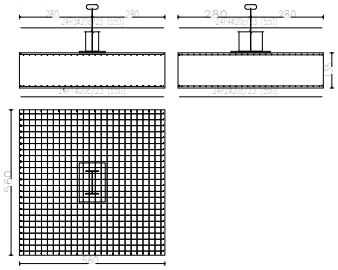
Elemento	Nº de elementos	Diámetro (mm)	Nº de barras	Longitud (cm)	Peso (kg)	Peso total (kg)
Zapata combinada extremos (N1 – N56), (N3 – N66), (N53 – N68) y (N51 – N58)	4	Ø16	30	121,00	47,50	190,0
		Ø16	30	44,00	17,30	69,2
		Ø16	24	87,00	27,40	109,6
		Ø16	24	158	49,70	198,8
					Total (kg)	567,6
Zapatas pilares fachada trasera N145, N146, N158, N144, N159, N147 y N148	6	Ø20	30	121	112,00	672,0
		Ø20	30	61	56,50	339,0
		Ø20	30	61	56,50	339,0
		Ø20	30	61	56,50	339,0
					Total (kg)	1690,0
Zapatas pilares fachada trasera N147=N148	2	Ø20	30	121	112,00	224,0
		Ø20	30	61	56,50	113,0
		Ø20	30	61	56,50	113,0
					Total (kg)	450,0
					Ø20	2140,0
Zapata junta de dilatación N26 y N28	1	Ø16	30	121,00	47,50	142,5
		Ø16	30	44,00	17,30	51,9
		Ø16	24	87,00	27,40	82,2
		Ø16	24	158	49,70	149,1
					Total (kg)	425,7
					Ø16	425,7
					Ø20	2140,0
					Total (kg)	2565,7

Zapata junta de dilatación

N26 y N28

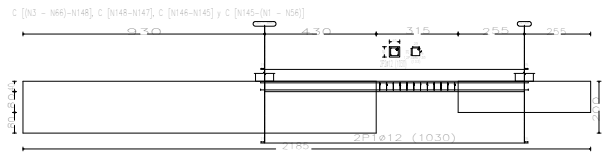


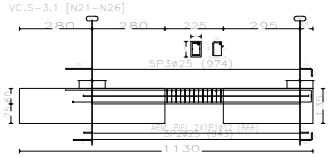
Zapatas pilares intermedios laterales N41, N36, N31, N21, N16, N11, N13, N18, N23, N33, N38, N43, N46, N6, N8 y N48

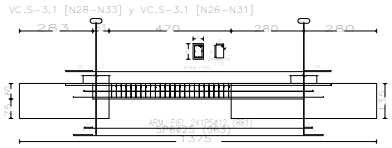


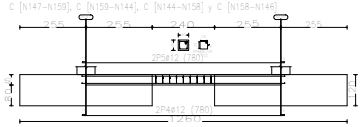
Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Zapatas
Escala 1:100	Carlos Galarzo García
Nº de plano: 08	Julio, 2016
Unidades: centímetros	

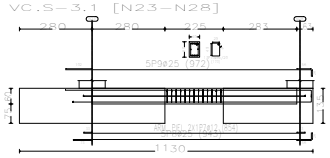
UNIVERSITAT JAUME•I

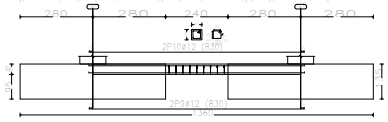










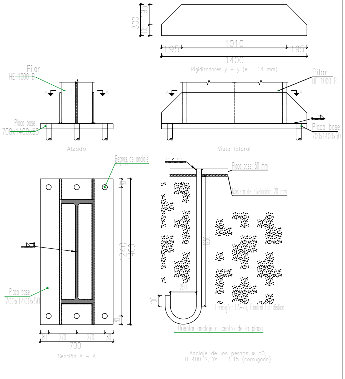


Elemento	Cant.	Diám.	Dist.	A_s (cm²)	Lon. (cm)	P. ACO. S. (kg)
C [N148-N147], C [N146-N145] y C [N145-(N1 - N56)]	1	2P12 2P8		2P2.26 2P0.50	2P185 2P185	2P3.4 2P0.2
					1030	1.7
					1030	1.7
C [N147-N159], C [N159-N144], C [N144-N158] y C [N158-N146]	1	2P12 2P8		2P2.26 2P0.50	2P185 2P185	2P3.4 2P0.2
					780	1.3
					780	1.3
C [(N3-N66)-N148], C [N148-N147], C [N146-N145], C [N145-(N1 - N56)], C [N147-N159], C [N159-N144], C [N144-N158], C [N158-N146], C [N48-N43], C [N43-N38], C [N33-N38], C [N23-N18], C [N13-N18], C [N13-N8], C [N6-N11], C [N11-N16], C [N16-N21], C [N31-N36], C [N36-N41], C [N41-N46], C [(N3 - N66)-N8], C [N48-(N53 - N68)], C [N46-(N51 - N58)] y C [(N1 - N56)-N6]	13	2P12 2P8		2P2.26 2P0.50	2P185 2P185	2P3.4 2P0.2
					1030	14.7
					780	11.1
					830	11.8
					830	11.8
					1360	19.3
					1130	14.7
					1130	14.7
					1375	17.9
					1375	17.9
VC.S-3.1 [N21-N26]	1	2P25 2P25 2P8		2P9.82 2P9.82 2P0.50	2P485 2P485 2P185	2P18.5 2P18.5 2P0.2
					1130	14.7
					1130	14.7
VC.S-3.1 [N28-N33]	1	2P25 2P25 2P8		2P9.82 2P9.82 2P0.50	2P485 2P485 2P185	2P18.5 2P18.5 2P0.2
					1375	17.9
					1375	17.9
VC.S-3.1 [N23-N28]	1	2P25 2P25 2P8		2P9.82 2P9.82 2P0.50	2P485 2P485 2P185	2P18.5 2P18.5 2P0.2
					1130	14.7
					1130	14.7

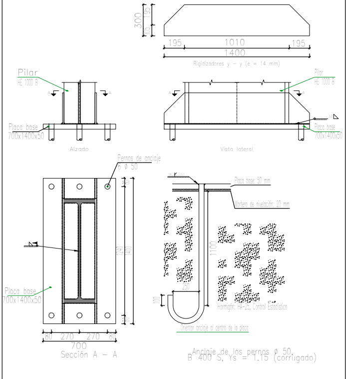
Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Vigas de atado y centradores
Escala 1:100	Carlos Calarzo García
Nº de plano: 09	Julio, 2016 — Unidades: centímetros

UNIVERSITAT JAUME•I

Placa anclaje pilares interiores fachada delantera

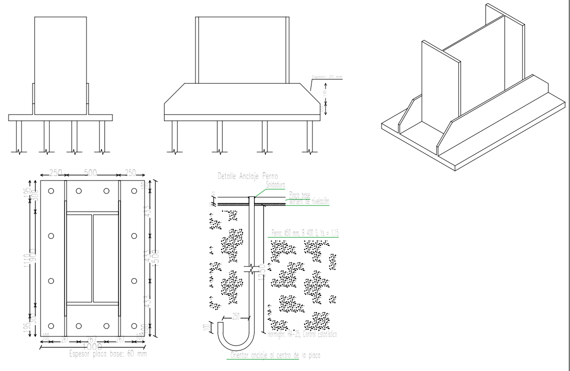


Placa de anclaje pilares interiores fachada trasera



Placa anclaje pilares exteriores

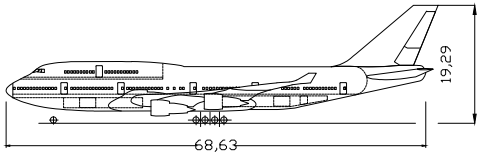
Tipo 1
Dimensiones Placa = 1000x1500x60 mm (S275)
Pernos = 12ø50 mm, B 400 S, Ys = 1.15
Ref. pilares : N1=N3=N6=N8=N11=N13=N16=N18=N21=N23=N26=N28=N31=N33=N36=N38=N41=N43=N46=N48=N51=N53

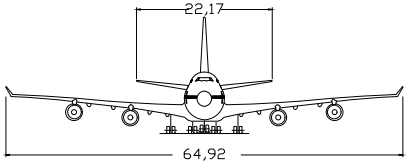


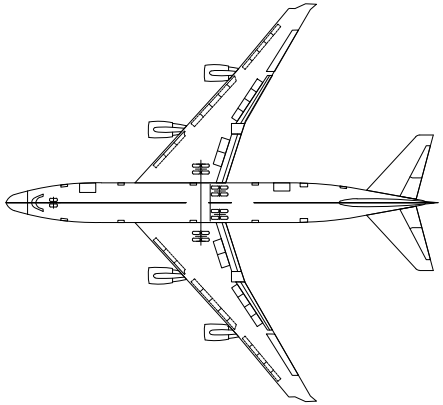
Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable
Plano	Placas de anclaje
Escala 1:25	Carlos Galarzo García

Nº de plano: 10
Julio, 2016
Unidades: milímetros

UNIVERSITAT JAUME·I







Proyecto	Diseño y cálculo estructural de un hangar usando perfiles metálicos de sección variable		
Plano	Boeing 747-400		
Escala 1:600	Carlos Galarzo García		
Nº de plano: 11	Julio, 2016	Unidades: metros	

UNIVERSITAT JAUME•I